

Aalto-yliopisto  
Perustieteiden korkeakoulu  
Teknillisen fysiikan ja matematiikan koulutusohjelma

Santtu Klemettilä

# Henkilöstön strateginen mitoitus kokonaislukuoptymoiminnilla

Diplomityö  
Espoo, 5. lokakuuta 2016

Valvoja:           Professori Ahti Salo  
Ohjaaja:           TkL Yrjänä Haahtela

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla.  
Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Aalto-yliopisto  
 Perustieteiden korkeakoulu  
 Teknillisen fysiikan ja matematiikan koulutusohjelma

DIPLOMITYÖN  
 TIIVISTELMÄ

<b>Tekijä:</b>	Santtu Klemettilä		
<b>Työn nimi:</b>	Henkilöstön strateginen mitoitus kokonaislukuoptimoinnilla		
<b>Päiväys:</b>	5. lokakuuta 2016	<b>Sivumäärä:</b>	57
<b>Pääaine:</b>	Systeemi- ja operaatiotutkimus	<b>Koodi:</b>	F3008
<b>Valvoja:</b>	Professori Ahti Salo		
<b>Ohjaaja:</b>	TkL Yrjänä Haahtela		
<p>Työntekijäkustannukset muodostavat suuren osan useiden alojen kokonaiskustannuksista, minkä vuoksi työvoimaresurssien tehokas käyttö ja oikeanlainen hankinta on tärkeää. Työvoiman käyttöä voidaan tehostaa hyvällä työvuorosuunnittelulla. Suunnittelua on perinteisesti tehty käsin, mutta tietotekniikan edistyttyä sen helpottamiseksi on kehitetty useita optimointimenetelmiä.</p> <p>Työn tavoitteena on määritellä strategisen henkilöstömitoituksen kokonaislukuoptimointimalli, joka on kehitetty operatiivisen työvuorosuunnitteluongelman yleistyksenä, ja tutkia, kuinka se soveltuu apuvälineeksi päätöksenteossa henkilöstöresurssien hankinnassa. Malli ottaa huomioon työehtosopimusten ja lainsäädännön asettamat rajoitteet sekä varmistaa, että tuloksena saatu työntekijäkokoontapana voidaan sijoittaa työvuoroihin näiden rajoitteiden mukaisesti. Tavoitteena ei ole niinkään tuottaa yhtä oikeaa ratkaisua, vaan tukea päätöksentekoa.</p> <p>Koska työvuorosuunnittelu on keskeinen osa määriteltävää mallia, ovat siihen liittyvät ratkaisumenetelmät ja hyvyyskäsitteet olennaisia myös henkilöstömitoitusta. Henkilöstöhallintaan liittyy lisäksi lainalaisuuksia, jotka liittyvät esimerkiksi rekrytointiin, työhyvinvointiin, sairaspöissaoloihin ja lomiin.</p> <p>Henkilöstömitoituksen mallia sovelletaan kuvitteellisen ravintolan yhdeksän viikon mittaiseen vuorotarpeeseen. Ravintolassa sovelletaan majoitus- ja ravitsemusalan työehtosopimusta. Malli tuottaa tuloksena neljä eri työntekijäkokoontapanaa sekä niiden työvuorosuunnitelmat. Tulokset kuvaavat ratkaisumahdollisuuksia ja niiden perusteella malli soveltuu hyvin päätöksenteon apuvälineeksi.</p> <p>Mallia voisi kehittää vielä monin tavoin kuvaamaan todellisuutta paremmin. Suurena ongelmana tässä on kuitenkin toimialakohtaisten käytäntöjen ja prosessien selvittäminen ja mallintaminen, eikä malli tällöin olisi enää yhtä yleisesti käytettävissä. Mallin tarkkuutta kasvatettaessa on myös huomioitava monimutkaistumisen vaikutus mallin ratkaisunopeuteen.</p>			
<b>Asiasanat:</b>	Lineaarinen kokonaislukuoptimointi, henkilöstönhallinta		
<b>Kieli:</b>	Suomi		

<b>Author:</b>	Santtu Klemettilä		
<b>Title:</b>	Strategic workforce planning with integer linear programming		
<b>Date:</b>	October 5, 2016	<b>Pages:</b>	57
<b>Major:</b>	Systems and Operations Research	<b>Code:</b>	F3008
<b>Supervisor:</b>	Professor Ahti Salo		
<b>Advisor:</b>	Yrjänä Haahtela Lic.Sc. (Tech.)		
<p>Labour costs comprise a significant part of total costs in many companies, which is why it is important to utilize workforce efficiently and manage its size wisely. One way to increase efficiency of workforce is workshift scheduling. Scheduling has traditionally been manual work, but as technology has developed, new methods have been presented to help optimizing it.</p> <p>The goal of this thesis is to present an integer linear programming model for strategic workforce planning and to evaluate its suitability as a tool for decision making when planning human resources. The model is a generalization of the workshift scheduling model, which means it takes into account the regulations defined in collective labour agreements and the Finnish law and thus ensures the feasibility of the solution. The goal is not to produce a single valid solution but rather to support decision making.</p> <p>Because workshift planning is a essential part of the presented model, the solving methods and criteria are important in the workforce planning model as well. Workforce management should also take into account topics like recruiting, well-being at work, sick leaves and vacations.</p> <p>The presented model is applied to an illustrative restaurant with workshifts for a period of 9 weeks. The collective labour agreement for the hotel, restaurant and leisure industry is used in the restaurant. The model produces four different solutions and the corresponding schedules. The results seem to describe well the possibilities so the model seems to fit its purpose.</p> <p>The model could be developed further to better represent reality. A big problem, however, is the rather wide range of special policies and processes in different industries, the identification and modelling of which would require plenty of work. With the increased level of detail and accuracy, the model would not be as general and the time to solve the problem could be strongly affected.</p>			
<b>Keywords:</b>	Integer linear programming (ILP), workforce management		
<b>Language:</b>	Finnish		

# Esipuhe

Haluan kiittää äärimmäisen paljon Pekka Allia ja Jari Hastia vuosien yhteistyöstä, jonka hedelmää tämäkin työ on. Kiitos myös ohjaajalleni Yrjänä Haahtelalle, Contactor-tiimille sekä koko Haahtela-yhtiöille.

Kiitos valvojalleni professori Ahti Salolle ideoista ja ohjauksesta sekä Matematiikan ja systeemianalyysin laitokselle haastavista ja mielenkiintoisista kursseista.

Haluan myös kiittää ystäviäni, veljiäni ja vanhempiani vuosien välittämisestä ja opettavaisista kokemuksista. Viimeisenä haluan kiittää Juuliala kaikesta siitä opastuksesta, tuesta ja rakkaudesta, joita ilman tämä työ ei koskaan olisi valmistunut.

Espoo, 5. lokakuuta 2016

Santtu Klemettilä

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>7</b>
1.1	Taustaa . . . . .	7
1.2	Tavoitteet ja rajaukset . . . . .	8
1.3	Työn rakenne . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Työvuorosuunnittelu</b>	<b>10</b>
2.1	Lähtökohdat . . . . .	10
2.2	Majoitus- ja ravitsemisalan työehtosopimus . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Henkilöstömitoitus</b>	<b>13</b>
3.1	Lähtökohdat . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Ratkaisumenetelmät</b>	<b>17</b>
4.1	Suunnittelumenetelmät . . . . .	17
4.1.1	Monimutkaisuus . . . . .	18
4.1.2	Hyvyyskriteetit . . . . .	19
4.1.3	Työvuorosuunnittelun moduulit . . . . .	20
4.1.4	Tavoitefunktio . . . . .	22
4.2	Matemaattinen ohjelmointi . . . . .	22
4.2.1	Sarakkeen kehitys . . . . .	22
4.2.2	Syklinen suunnittelu . . . . .	23
4.3	Rajoiteohjelmointi . . . . .	23
4.4	Metaheuristiikat . . . . .	24

4.4.1	Geneettiset algoritmit . . . . .	24
4.4.2	Tabu-etsintä . . . . .	25
4.4.3	Simuloitu jäähdytys . . . . .	25
4.5	Matheuristiikat . . . . .	26
4.6	Henkilöstönhallinta . . . . .	27
4.6.1	Henkilöstösuunnittelu . . . . .	27
4.6.2	Rekrytointi . . . . .	28
<b>5</b>	<b>Optimointimalli</b>	<b>30</b>
5.1	Työvuorojen optimoinnin malli . . . . .	30
5.1.1	Merkinnät . . . . .	30
5.1.2	Rajoitteet . . . . .	32
5.2	Laajennus työvuorosuunnitteluun . . . . .	34
5.3	Epävarmuustekijät . . . . .	36
5.4	Lomasuunnittelu . . . . .	37
5.5	Määräaikaaiset sopimukset . . . . .	37
5.6	Henkilöstömitoituksen malli . . . . .	38
<b>6</b>	<b>Aineisto ja tulokset</b>	<b>40</b>
6.1	Työvuorotarve . . . . .	40
6.2	Työntekijätyypit . . . . .	41
6.3	Kuukausipalkkaiskierros . . . . .	41
6.4	Tuntipalkkaiskierros . . . . .	42
6.5	Vuokratyöläiskierros . . . . .	44
6.6	Kokonaisoptimikierros . . . . .	45
<b>7</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>47</b>
7.1	Tulosten arviointi . . . . .	47
7.2	Jatkokehitysmahdollisuudet . . . . .	47
<b>A</b>	<b>Työvuorotarve</b>	<b>53</b>

# Luku 1

## Johdanto

Työvoimakustannukset muodostavat useilla aloilla suurimman osan kokonaiskuluista, minkä vuoksi on tärkeää, että työvoimaresursseja käytetään tehokkaasti ja hankitaan juuri oikeaan tarpeeseen. Työvoiman käyttöön ja hankintaan liittyy kuitenkin paljon lainalaisuuksia, jotka tekevät ongelmasta monimutkaisen. Tässä työssä esitellään menetelmä, jolla tiettyyn työvuorotarpeeseen voidaan laskea optimaalinen henkilöstö.

### 1.1 Taustaa

Haahtela HR Oy on Haahtela Oy:n tytäryhtiö, joka on erikoistunut henkilöstöhallinnon tehostamiseen ja tuottaa hallintoa palvelevia tietojärjestelmiä. Tässä työssä käsitellään Haahtela HR:n Contactor-henkilöstönhallintaohjelmiston strategisen työvoimamitoituksen työkalun kokonaislukuoptimointimenetelmää, jonka päämäärä on ohjata henkilöstösuunnittelua tehokkaan ja hyvinvoivan työorganisaation suuntaan.

Aloilla, joilla työn luonne on prosessimaista ja mitattavaa, työ suoritetaan usein vuorojärjestelmäpohjaisesti. Vuorotarpeet muodostuvat organisaatiossa monin eri keinoin riippuen paljolti esimerkiksi toimialasta. Vuorotarve juontuu usein arvioidun tuotantotarpeen ja tavoitellun palvelutason yhdistelmästä.

Työvuorot ovat lähtökohta henkilöstötarpeen laskentaan, mutta tavoitetilan epäselvyyden, lainsäädännön ja erilaisten työehtosopimusten vuoksi ongelma on erittäin monimuotoinen. Lainsäädäntö ja työehtosopimukset asettavat suosituksia ja tiukkoja rajoja työvuorosuunnittelulle, minkä vuoksi jo suhteellisen pienen henkilöstön hallinta on aikaavievää ja vaikeaa. Lisäksi ongel-

maa monimutkaistaa tavoitetilan epäselvyys, joka voi johtua esimerkiksi työnantajan ja työntekijöiden tahtotilojen eroavaisuuksista sekä suunnittelussa tehtävien kompromissien hankalasta keskinäisestä vertailusta.

Työvuorojen suunnittelu vaatii kompleksisuutensa vuoksi käsin tehtynä paljon aikaa. Viime vuosikymmenten aikana tapahtunut kehittyminen tietokoneiden laskentatehoissa sekä algoritmien tehokkuudessa ovat mahdollistaneet työvuorojen suunnittelun automatisoinnin sekä siitä edelleen työorganisaation optimoinnin, joka tässä työssä esitellyn lähestymistavan kautta voidaan ajatella työvuorosuunnittelun laajennuksena.

Kun työvuorosuunnittelu on ratkaistu, päästään lopulta työvoimamitoitukseen. Tässä työssä esiteltävän optimointimallin lähtökohtana on organisaation tarvetta vastaavat työvuoromäärittelyt, joten tarpeen ennustamista tuottantotarpeen ja tavoiteltavan palvelutason perusteella käsitellään vain hie-man teoriatasolla. Ongelmaa määrittävät pitemmän aikajänteen vuoksi kerta-utuvien työvuorosuunnittelun ongelmien lisäksi lainsäädännön ja työehtosopimusten rajoitteet työ sopimusten suhteen sekä organisaatiokokoonpanoon kohdistuvat preferenssit esimerkiksi sopimustyyppien ja työntekijämäärien suhteen.

Strategisessa mitoituksessa on kyse henkilöstön suunnittelusta ja kehittämisestä. Nämä sisältävät paljon inhimillisiä näkökulmia ja vaikutteita, minkä vuoksi mitoitus on vaikeaa. Uusien työntekijöiden rekrytointi, vanhojen irtisanominen, nykyisten kehittäminen sekä väliaikaisresurssien palkkaaminen vaikuttavat työympäristöön monin tavoin, vaihtelevin voimakkuuksin, hyvässä ja pahassa, minkä vuoksi yksikäsitteisen mallin tuottaminen on suorastaan mahdotonta.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on laatia menetelmä pitkän aikavälin työvoimaoptimointiin organisaatiossa, jossa työ on työvuoropohjaista. Ongelman luonteen vuoksi ratkaisujen optimaalisuudet ovat tapauskohtaisia, minkä vuoksi menetelmän tavoitteena on tuottaa asetettujen tavoitteiden ja rajoitteiden pohjalta käyviä ratkaisuja ja laskea niille ratkaisun hyvyttä kuvaavia tunnuslukuja. Menetelmän tarkoitus onkin tehdä päätöksenteosta perustellumpaa ja selvempää ja täten toimia henkilöstöhallinnan suunnittelua ohjaavana ja helpottavana välineenä.

Työssä käytetty aineisto on kuvitteellisen ravintolan 9 viikon jakson työvuorotarve.



## 1.3 Työn rakenne

Tämä työ on jaettu kahdeksaan lukuun. Luvussa 2 käsitellään yleisesti työvuorosuunnittelun ongelmaa ja esitellään tutkimuskohteena oleva työehtosopimus. Luvussa 3 esitellään pääfokusessa olevan henkilöstömitoituksen lähtökohdat sekä linkitetään se työvuorosuunnittelun perusongelmaan. Luvussa 4 perehdytään aihepiirin muuhun kirjallisuuteen. Luvussa 5 formuloidaan työssä käytettävä kokonaislukuoptimointimalli sekä siihen liittyvä algoritmi. Lisäksi pohditaan strategisen henkilöstösuunnittelun vaikutuksia optimointimalliin suhteessa työvuorosuunnittelun perusongelmaan. Luvussa 6 esitellään työssä käytetty työvuorotarve sekä työntekijätyypit. Luku 7 sisältää työn menetelmällä ja aineistolla saatavat tulokset, joita lopuksi luvussa 8 arvioidaan. Lisäksi luvussa 8 pohditaan menetelmän jatkokehitysmahdollisuuksia.

## Luku 2

# Työvuorosuunnittelu

Operatiivinen työvuorosuunnittelu on työvuorolistan suunnittelua lyhyelle ajanjaksolle. Lait ja työehtosopimukset asettavat vaatimuksia viikko-, jakso-, tasoittumisjakso- ja vuositasolla työtuntien ja vapaapävien suhteen. Yleensä työvuoroja suunnitellaan jakso kerrallaan ottaen kuitenkin huomioon myös tasoittumisjaksotasolla olevat rajoitukset. Kun suunnittelujakso on lyhyt suhteessa sääntöjen aikajänteeseen, kokonaisuuden optimointi hankaloituu. Tällöin suunnittelujakson ulkopuolelle jäävä aika voidaan huomioida vain ohjaavina sääntöinä, jotka pyrkivät allokoimaan kullekin jaksolle jyvitetyn liikkumavaran kokonaisrajoitteen suhteen. Esimerkiksi majoitus- ja ravitsemisalan työehtosopimuksessa (MaRan TES) [5] jakso kestää 3 viikkoa ja tasoittumisjakso kostuu 9 jaksosta.

Operatiivisen tason työvuorosuunnittelu on tämän työn henkilöstömitoitus-työkalun pohjalla vahvasti vaikuttava osio, vaikka työvuorosuunnitteluongelma ei perinteisessä muodossaan olekaan keskiössä. Tässä luvussa esitellään lopullisessa mallissa pohjalla käytettyjä työvuorosuunnittelun lainalaisuuksia ja muodostetaan työvuorosuunnittelumalli, jonka pohjalta lopullinen henkilöstömitoitusmalli kehitetään.

## 2.1 Lähtökohdat

Työvuorosuunnittelussa tavoitteena on ennalta määrättyjen työvuorojen jakaminen käytettävissä olevalle työvoimalle tiettyjen sääntöjen ja tahtotilojen perusteella. Suunnittelussa on otettu huomioon useita ehdottomia eli kovia rajoitteita, jotka johtuvat työaikalaista, työehtosopimuksista sekä tiettyyn tarpeeseen räätälöidyistä tarpeista, sekä hyötyfunktioon vaikuttavia tahtoti-

loja, jotka pitkälti juontuvat käyttäjän mieltymyksistä, mutta joskus osittain myös työehtosopimuksista.

Hyvä työvuorosuunnittelu edistää työntekijöiden hyvinvointia ja jaksamista, mikä näkyy työnantajan näkökulmasta yleensä esimerkiksi kohonneena työtehokkuutena ja vähentyneinä sairaspotilaisina. Työehtosopimusten ja lakien määrittämät rajat ohjaavat hyvin pitkälle työvuorolistoja siten, että ne olisivat työntekijöiden jaksamisen kannalta hyviä, mutta useilla organisaatioilla ja toimialoilla on olemassa omia hyväksi todettuja käytäntöjä työvuorolistojen ergonomian kohottamiseksi.

Työvuorosuunnittelun lähtötilanne on tietty määrä täytettäviä työvuoroja, jotka asettavat työntekijälle tietyt vaatimuksensa osaamisen suhteen, ja joilla on tietty ajankohta ja pituus. Työvuoroja voidaan täyttää tietyillä työntekijöillä, joilla on omat rajoituksensa työmäärien ja osaamisen suhteen. Tavoite on täyttää työvoimatarvetta käytössä olevilla työntekijöillä mahdollisimman paljon siten, että säännöt toteutuvat ja kohdeorganisaation painotukset tehtävien tärkeyksistä ja työvuorosuunnitelman ergonomisuudesta otettaisiin mahdollisimman hyvin huomioon.

Automatisoitua työvuorosuunnittelua käytettäessä työvuorosuunnittelijoilla on mahdollisuus syöttää vuoro työntekijöille käsin ennen automaattisen suunnittelun käyttöä. Tässä työssä esitetyssä mallissa on työvuorojen manuaalisen asettamisen mahdollisuus poistettu. Käytännössä käsin asetettujen vuorojen ja lomapäivien mahdollistaminen vaatisi sen, että säännöt tarkistetaan jo lähtötilanteessa, jotta optimointiongelmasta ei tule epäkäypä. Esimerkiksi jollekin työntekijälle on saatettu jo asettaa listaan vuoroja siten, että työtunnit ylittävät kolmiviikkoisjakson työaikarajan. Jotta ongelma saataisiin kuitenkin muilta osin ratkaistavaksi, voidaan rajoite nostaa kyseisen työntekijän osalta tuohon jo täytettyyn tuntimäärään tai merkitä, että työntekijälle ei aseteta muita vuoroja kyseiselle aikavälille.

Tämän työn henkilöstömitoituksessa tilannetta käsitellään kuitenkin nimenomaan puhtaalta pöydältä. Tyhjä työvuorolista on aina käypä, joten käsin asetteluun aiheuttamat hankaluudet voidaan jättää huomiotta.

## 2.2 Majoitus- ja ravitsemisalan työehtosopimus

Tässä työssä esimerkkitapauksena käytetään majoitus- ja ravitsemisalan työehtosopimuksen [5] mukaan tehtyä työvuorosuunnittelumallia. Sitä sovelletaan tyypillisesti esimerkiksi ravintoloissa, kahviloissa, pubeissa, henkilöstöravintoloissa ja hotelleissa. Työehtosopimuksen neuvotteluosapuolina ovat

Palvelualan ammattiliitto PAM ry sekä Matkailu- ja Ravintolapalvelut MaRa ry. Työehtosopimus määrittelee työaikasääntöjen lisäksi työsuhteen solmimiseen, palkkaukseen, poissaoloihin ja lomiin liittyviä asioita, mutta tässä esitellään vain työvuorosuunnitteluun vaikuttavat työaikasäännöt.

Työntekijän säännöllinen työaika on enintään 111 tuntia kolmiviikkoisjaksossa. Mikäli työntekijän työaika on keskimäärin vähemmän kuin 111 tuntia, lasketaan hänet osa-aikatyöntekijäksi. Työehtosopimus sallii osa-aikaisille työntekijöille vaihtoehtona säännöllisestä työajasta poikkeamisen siten, että keskimääräinen työaika tasoittuu säännöllisen työajan rajalle tasoittumisjakson (kuusi kolmiviikkoisjaksoa) sisällä. Tämän työn mallissa jaetaan tunnit kuitenkin aina vain maksimissaan säännöllisen työajan rajaan asti. Jaksokohtainen maksimityöaika määräytyy siis suoraan työntekijän sopimustunneista.

Työvuoron minimipituus on neljä tuntia ja maksimipituus 10 tuntia. Työvuorojen välisen lepoajan on oltava vähintään 8 tuntia. Kolmiviikkoisjakson aikana voi olla enintään 15 työpäivää. Peräkkäisiä työpäiviä saa olla enintään 7. Vähintään joka viides viikonloppu tulee olla vapaa siten, että joko perjantai ja lauantai tai lauantai ja sunnuntai ovat vapaina. Paikallisesti voidaan sopia, että vapaa voidaan järjestää sunnuntai-maanantai-yhdistelmänä. Tätä käytäntöä ei kuitenkaan sovelleta työn mallissa.

Viisi työpäivää sisältävä viikko oikeuttaa kahteen vapaapäivään, joista toinen on vähintään 30 tunnin V-päivä ja toinen vähintään 24 tunnin X-päivä. V-päivä on pidettävä ansaintaviikolla, kun taas X-päivä voidaan siirtää toiselle viikolle saman kolmiviikkoisjakson sisällä, jolloin se kuitenkin rinnastetaan työpäiväksi. Muita työpäivään rinnastettavia vapaita ovat tasoituspäivät, lomaltapaluu- ja vapaapäivät sekä JP-vapaat. Nämä muut työpäivään rinnastettavat vapaat jätetään tässä mallissa kuitenkin huomioimatta. Jätetään myös X-päivien siirtomahdollisuus tämän työn ulkopuolelle yksinkertaisuuden säilyttämiseksi.

Tosiasiassa työehtosopimus mahdollistaa osasta näistä rajoista poikkeamisen aika-ajoin työntekijän suostumuksella. On kuitenkin järkevää, että mallin tuottamassa työvuorolistassa pysytään oletusrajoissa, koska poikkeamat ovat tarkoitettu pääsääntöisesti harkinnanvaraisiksi ja toteutettavaksi lähinnä yllättävissä poikkeustilanteissa kuten sairaustapauksen sattuessa. Toisaalta rajojen sisällä pysymiseen ei juurikaan tarjota insentiivejä, joten käytännön tapauksissa jotkut joustavat säädökset saatetaan usein unohtaa.

## Luku 3

# Henkilöstömitoitus

Henkilöstömitoitus tarkoittaa yksinkertaisimmillaan sitä, että organisaatiolla on käytössään juuri oikean verran oikeanlaisia työntekijöitä suhteessa tulevaisuuden tarpeisiinsa. Oikea määrä ja oikeanlaisuus eivät kuitenkaan ole kovinkaan yksikäsitteisiä termejä, minkä vuoksi ongelma on hankala.

### 3.1 Lähtökohdat

Aiemmassa luvussa esitetyn työvuorosuunnittelun asettamien haasteiden lisäksi, henkilöstömitoituksessa on vielä vahvemmin esillä erilaisten vaihtoehtojen arvottaminen toistensa suhteen. Suunnittelua rajoittavat työntekijävaihtoehtojen osalta esimerkiksi työhön liittyvät lait sekä työehtosopimukset, jotka määrittävät monin osin palkkauksia, irtisanomisia sekä mahdollisia sopimuksia työmäärien ja muiden työntekoon liittyvien käytäntöjen suhteen.

Lakien ja työehtosopimusten vuoksi esimerkiksi vakituisia työntekijöitä ei noin vain voida irtisanoa, ja irtisanomiseen liittyvät kustannukset ohjaavat välttämään niitä. Irtisanomisten vaihtoehtona työsuhteen päättymiselle ovat eläköityminen ja irtisanoutuminen, joista jälkimmäinen aiheuttaa jonkinlaista epävarmuutta työntekijäresurssien suhteen. Palkkaaminen taas aiheuttaa myös lisäkustannuksia, mutta on erityisesti hyvin arvaamaton, sillä uuden työntekijän löytymiselle voidaan harvoin asettaa mitään löytymisaikataulu- tai laatutakeita. Ongelma usein kasvaa sitä merkityksellisemmäksi, mitä enemmän liikutaan kohti erikoistunutta ammattitarvetta.

Työntekijöiden kanssa tehtävät sopimukset ovat vahvasti säänneltyjä, minkä vuoksi minkälaista tahansa sopimusta ei voida solmia. Työntekijän kanssa solmitaan usein kiinteäpalkkainen sopimus, jolloin sovitun tuntityömäärän

alittaminen liian vähäisesti tarjolla olevan työn vuoksi vain johtaisi turhiin kustannuksiin. Työntekijöillä voidaan usein teettää ylitöitä, jolloin tuntikohdaiset kustannukset toki nousevat, mutta tämä saattaa silti monesti olla keino pienen vajeen tai yllättävien muutosten paikkaamiseen.

Kiinteäpalkkaisten sopimusten lisäksi on olemassa tuntipalkkaisia sopimuksia, joille usein määritellään jonkinlainen vaihteluväli tietyn ajanjakson keskimääräiselle työmäärälle. Viime aikoina on kuitenkin käyty keskustelua nollatuntisopimusten kieltämisestä [1], joten usein tuntipalkkaisillekin työntekijöille on tarjottava tietty vähimmäismäärä työtä, jonka alittamien taas johtaisi käytännössä turhiin kustannuksiin. Malhotra ja Ritzman [27] tutkivat osa-aikaisten tuntipalkkaisten vaikutusta postialalla ja toteavat niiden tuovan keskimäärin 6 %:n säästöjä ja kasvattavan asiakastyytyväisyyttä 20-43 %.

Työntekijöiden kokemustaso ja palkkaus ovat usein kääntäen verrannollisia: taitavammalle työntekijälle maksetaan hänen odotettavasti laadukkaammas-ta tietysti enemmän. Tämä asettaa suuren haasteen henkilöstömitoitukselle. Toisaalta tarkoituksena olisi minimoida kustannuksia, toisaalta kuitenkin usein ammattitaitoinen työntekijä on toki parempi valinta. Kokemustaso ei kuitenkaan suoraan tarkoita parempaa työntekoa, koska se määräytyy yksinkertaisesti työvuosien perusteella.

Kokemustasokysymyksessä joudutaan pohtimaan työntekijöiden laadun suhdetta tavoiteltuun palvelutasoon. On olemassa työtehtäviä, joissa työntekijän taitotason kasvu vaikuttaa johonkin pisteeseen asti huomattavan positiivisesti, mutta myös tehtäviä, joissa normaalikin taitotaso riittää. Voidaan myös harkita taitavan ja aloittelevan työntekijän sijoittamista vuoroon yhdessä, jolloin korkean palvelutason laatu- ja määrävaateet ovat edelleen saavutettavissa.

Mikäli joillain työntekijöillä on useita ammattiosaamisia, tulee ongelmasta vielä monimutkaisempi. Tällöin joudutaan pohtimaan, kuinka paljon lisäarvoa monitaitoinen työntekijä tuo organisaatioon. Voidaan olettaa, että laajempi osaaminen nostaa kustannuksia, jolloin ylimääräinen taito on lisäkustannus. Monitaituri on kuitenkin hyvä pelinappula, kun eri osaamisten tarve on ajan suhteen vaihtelevaa, jolloin kyseinen työntekijä ikään kuin tasoittaa tarpeiden huippuja, tai kun joillekin osaamisille on vain harvoin tarvetta tai muilta työntekijöiltä hiukan ylijäävää tarvetta, jolloin monitaiturin olemassaolo poistaa tarpeen uudelle, kenties vähätuntiselle työntekijälle.

Brusco ja Johns [10], Malhotra ja Ritzman [27] sekä Gnanleta ja Gilland [21] käsittelevät monitaitoisuuden hyötyjä ja toteavat monitaitoisuuksien ketjuttamisen tuovan selvää hyötyä. Ketjuttamisella tarkoitetaan taitokonfiguraatioiden monipuolistamista siten, että pyrittäisiin työntekijöiden osaamiset

muodostaisivat ikään kuin ketjun. Gnanleta ja Gilland [21] keskittyvät monitaitoisuuteen sairaalaympäristössä ja toteavat monitaitoisten määrällä olevan taso, jonka yläpuolella marginaalihyöty laskee yksitaitoisen marginaalihyödyn alapuolelle. Tällöin monitaitoisen tuoma jousto ei enää kata monitaitoisilla todettua alemmaa kokemustasoa.

Työuran aloittamisen ja sillä olemisen lisäksi on pitkän aikavälin henkilöstömitoituksessa otettava huomioon myös uran loppuminen. Eläköityminen on yleensä ottaen hyvin ennustettavissa oleva tapahtuma, vaikka sitä voi toki tapahtua yllättäenkin. Eläköityvän työntekijän poistuminen voi vaatia uuden korvaavan työntekijän hyvissä ajoin palkkaamista tai se voidaan käsitellä ikään kuin konfliktittomana irtisanoutumisena, mikäli organisaatiossa on liikaa työvoimaa.

Sairastapaukset ovat työvuorosuunnittelun suuri pulma johtuen niiden ennakoinnattomuudesta. Sairauksista johtuvat häiriöt voivat olla hetkittäisiä, päivätasoisia tai pitkäaikaisia aina lopulliseen asti. Kuka tahansa työntekijä voi sairastua yllättäen, joten häiriöön reagoimista on syytä suunnitella etukäteen. Sairaspoissaolot ovat yrityksille suuri kuluerä, sillä esimerkiksi Elinkeinoelämän keskusliiton tilaston [25] perusteella niihin kului vuonna 2013 Suomessa 4,2 % työajasta, useassa organisaatiossa jopa yli 10 %.

Häiriöltä voidaan suojautua esimerkiksi pitämällä tarpeeseen nähden ylimiehitystä, joka toki on kallista, mutta varmistaa palvelutason ylläpidon. Useilla aloilla vaihtoehtona on myös henkilöstövuokrauspalvelut. Niiden käyttö voi kuitenkin joskus olla kalliimpaa ja käytössä on riski työvoiman soveltumattomuudesta työtehtäviin. Soveltumattomuus ei juonnu pelkästään mahdollisesta osaamistason mataluudesta, vaan myös useilla työpaikoilla toimimiseen vaadittujen tapojen ja käytäntöjen tuntemattomuudesta. Jotkin henkilöstövuokrauspalvelut ovat kuitenkin niin kiinteässä yhteistyössä asiakasyrityksensä kanssa, että vuokratyöntekijät voidaan käytännössä laskea vakituiseksi osaksi asiakasorganisaatiota.

Kehno tai yllirasittava työvuorosuunnitelma aiheuttaa usein työvoiman sairastelutason kohoamista. On olemassa tuloksia ([24], [22], [16]) siitä, että hyvät työvuorosuunnitelmat vähentävät työntekijöiden sairaspöissaoloja. Tässä on mielenkiintoinen syy-seuraussuhde työvuorosuunnittelun lähtökohtien ja lopputuloksen välillä: työntekijöitä on pyrittävä käyttämään mahdollisimman tehokkaasti, mutta ylikäyttö tai huono työvuorosuunnitelma vähentävät käytettäviä resursseja entisestään. Tämän vuoksi tehokkaan työvuorosuunnitelman laadinnassa on otettava huomioon myös pitkän aikavälin vaikutukset.

Huono työvuorosuunnittelu voi johtaa jopa irtisanoutumisiin. Prescott ja Bowen [30] toteavat laajan Yhdysvalloissa tehdyn kyselytutkimuksensa pe-

rusteella, että sairaanhoitajista 26 % irtisanoutuneista ilmoittivat erääksi syyksi huonon työvuorosuunnittelun.



## Luku 4

# Ratkaisumenetelmät

Työvuorosuunnittelua on tutkittu paljon. Suunnittelu on kuitenkin tavoitteiltaan ja säännöiltään varsin erityyppistä eri aloilla, minkä vuoksi eri menetelmien soveltuvuus on aina tapauskohtaista. Menetelmän valinnassa on kyse ongelmatilanteen muuttuvuuteen, aikatavoitteisiin ja mallin yksinkertaisuuteen liittyvistä kysymyksistä. Jotkut heuristiset menetelmät mahdollistavat hyvän ratkaisun saavuttamisen hyvinkin nopeasti joissain tilanteissa, mutta toisissa ne ovat käyttökelvottomia. Aikatauluongelmista eniten tutkimuksen sovelluskohteena esiintyy sairaanhoitajien aikataulut. Tässä osiossa esitellään muutamia aikataulutongelmia sekä niihin soveltuvia ratkaisumenetelmiä.

### 4.1 Suunnittelumenetelmät

Alunperin ja usein vielä nykyäänkin työvuorosuunnittelu on tehty käsin. Ihmisen tekemä suunnittelu on kuitenkin yleensä hidasta, eikä se voi käsittää hyvin kovinkaan suurta sisäisesti linkittyntä kokonaisuutta yhdellä kertaa, mistä aiheutuva ongelman jakautuminen osaongelmiin tuottaa helposti alioptimaalisia ratkaisuja. Ihmisen suunnittelussa myös esimerkiksi työntekijöiden toiveiden huomioinnissa voi olla systemaattisia poikkeamia, sillä suunnittelija toteuttaa yleensä mieluummin toiveet sellaiselta ihmiseltä, jonka hän tuntee [31]. Tietokone on tässä mielessä reilu, koska sillä ei ole insentiivejä suosia ketään.

Silvestro ja Silvestro [31] määrittelevät kolme tapaa hoitaa työvuorosuunnittelua:

- Osastosuunnittelu: Suunnitelman laatii vastuuhenkilö
- Ryhmäsuunnittelu: Työntekijät jaetaan ryhmiin, joiden vastuuhenkilöt ovat vastuussa suunnitelman laatimisesta, mutta konsultoivat ryhmän jäseniä
- Itsesuunnittelu: Työntekijät laativat suunnitelman itse

Itsesuunnittelu on työläs tapa hoitaa suunnittelemisen, sillä työntekijät neuvottelevat tällöin vuoroistaan tauoillaan ja työajan ulkopuolella. Silvestro ja Silvestro [31] toteavat, että itsesuunnittelu tuottaa usein yli- tai alimiehitystä tai työvuorovaatimuksia ei noudateta, koska suunnitelma tehdään ensisijaisesti työntekijöiden ehdoilla, eikä varsinaisia konfliktinratkaisukeinoja ole. Lisäksi henkilökunta saattaa olla kyvytön käsittelemään liian monimutkaista suunnitelmaa. Toisaalta todetaan, että suunnittelun tapahtuessa korkeammalla tasolla, se koetaan helposti itsevaltaiseksi ja mahdollisesti joitain työntekijöitä suosivaksi, eikä välttämättä ymmärretä sen periaatteita, mikä voi aiheuttaa epätyytyväisyyttä.

Hung [23] tutkii itsesuunnittelua useissa yhdysvaltalaisissa sairaaloissa ja toteaa sen nostavan tyytyväisyyttä ja sitoutuvuutta, parantavan yhteistyötä sekä vähentävän työntekijöiden vaihtuvuutta. Itsesuunnittelussa työntekijöistä tuntuu, että heidän toiveensa huomioidaan, minkä vuoksi he ovat yhteistyöhaluisempia.

Fries [19] esittelee terveydenhoitoalalla vanhastaan käytettyjä menetelmiä, joista useimmat pohjautuvat tiettyihin peukalosääntöihin, joita on tarkoitus soveltaa käsin tehtyihin listoihin. Tällaiset vähänkään automaattiset menetelmät eivät oikeastaan sovellu itsesuunnitteluun, vaan lähinnä korkean tason osastosuunnitteluun.

Osastosuunnittelun puolesta puhuvat Wright ja Mahar [35], jotka tutkivat keskitetyn mallin toimintaa sairaalassa siten, että työntekijät työskentelevät usealla osastolla yhden sijaan. Tuloksissa todetaan mallin parantaneen työvuorosuunnitelmien hyvyttä 34 %, vähentäneen ylitöitä noin 80 % ja vähentäneen kustannuksia lähes 11 %.

#### 4.1.1 Monimutkaisuus

Silvestro ja Silvestro [31] tunnistavat neljä tekijää työvuorosuunnitteluongelman monimutkaisuudessa:

- Yksikön koko: työntekijöiden määrä

- Tarpeen ennustettavuus: suunnitellut vs. yllättävät työtehtävät
- Tarpeen vaihtelevuus: työtehtävien kestojen vaihtelu sekä tarvittavan henkilöstötason vaihtelevuus
- Taitovaatimusten monimutkaisuus: työntekijöiden taitojen vaihtelevuus sekä tarpeen taitovaatimusten vaihtelevuus

Silvestro ja Silvestro [31] tutkivat työvuorosuunnittelumenetelmiä erilaisissa terveydenhoitohenkilöstön ympäristöissä ja toteavat osasuunnittelun, ryhmäsuunnittelun ja itsesuunnittelun hyvyysjärjestyksen riippuvan ongelman kompleksisuudesta. Pienen kompleksisuuden ympäristössä parhaaksi todetaan itsesuunnittelu, 35-70 hengen keskikompleksisessa ympäristössä ryhmäsuunnittelu ja sitä vaikeammassa osastosuunnittelu. Kompleksisuuden kasvu vaikeuttaa eniten itsesuunnittelun mahdollisuuksia, minkä vuoksi siitä saatavat hyödyt vähenevät ongelman monimutkaistuessa.

#### 4.1.2 Hyvyyskriteetit

Warner [34] määrittelee työvuorosuunnittelulle viisi hyvyyskriteeriä:

- Kattavuus (coverage): kuinka hyvin suunnitelma vastaa tarvetta
- Laatu (quality): kuinka reilu suunnitelma on ja kuinka ergonominen se on
- Vakaus (stability): miten työntekijät kokevat suunnitelman johdonmukaisuuden ja ennustettavuuden
- Joustavuus (flexibility): kuinka hyvin suunnitelma mukautuu muutoksiin
- Hinta (cost): kuinka paljon resursseja suunnitelman tekeminen vaatii (ihmisen työ, tietokoneen työ)

Näiden kriteerien valossa Warner arvioi kolme aikataulutusmenetelmää. Perinteisimmän lähestymistavan eli käsintekemisen ainoa hyvä puoli on sen joustavuus. Syklinen aikatauluttaminen tuottaa melko hyviä listoja, mutta ei oikein voi ottaa huomioon esimerkiksi työntekijöiden vaihtelevia toiveita. Täsäkin työssä käytetyn perinteisen tietokoneavusteisen suunnittelun hän arvioi olevan hyvä kaikkien kriteerien suhteen.

### 4.1.3 Työvuorosuunnittelun moduulit

Ernst et al [15] jakavat työvuorosuunnittelun mallintamisen kuuteen moduuliin: tarpeen mallinnus, vapaapäivien suunnittelu, työvuorojen suunnittelu, työkokonaisuuksien rakentaminen, tehtävien suunnittelu, työntekijöiden asettaminen vuoroihin. Kaikki osiot eivät välttämättä sisälly kaikkiin työvuorosuunnitteluprosesseihin. Usein joitain vaiheita suoritetaan yhtäaikaisesti.

1. Tarpeen mallinnus (demand modelling): Tavoitteena muuntaa jokin määrä tapahtumia työvoimatarpeeksi. Tarvetta voidaan mallintaa kolmella eri tapaa:
  - Työtehtäväpohjaisessa mallissa tarve määritellään pohjimmiltaan joukkona työtehtäviä. Esimerkiksi kuljetusalalla tarve koostuu yleensä kuljetustehtävistä.
  - Joustavassa mallissa tarve koostuu pienistä yleensä satunnaisista ja vaikeasti ennustettavista tapahtumista kuten puhelinsoitoista puhelinpalveluun.
  - Vuoropohjaisessa mallissa tarve määrittyy yksinkertaisesti vuoroista, jotka ovat tulosta aiemmasta henkilötarpeesta tiettyinä kellonaikoina.
2. Vapaapäivien suunnittelu (days off scheduling): Kuinka vapaapäivät jaotellaan työpäivien välille.
3. Työvuorojen suunnittelu (shift scheduling): Työtehtäväpohjaisessa tarvemallissa työtehtävistä täytyy koostaa yhtenäinen työpäivä siten, että kaikki tehtävät saataisiin mahdollisimman hyvin katettua. Joustavassa tarvemallissa tässä vaiheessa tarve muunnetaan vuoroiksi. Vuoroja muodostettaessa otetaan huomioon työajan rajoitukset, ruokailuajat sekä muut mahdolliset työpaikan säädökset.

Työtehtäväpohjaisen tarpeen tapauksessa työvuorojen suunnittelu tehtävägeneroinnin (duty generation) muodossa on usein tarpeen. Tällöin pienet työtehtävät yhdistetään siten, että ne voidaan määrätä kokonaisuutena vain yhdelle henkilölle. Tämä on usein erittäin olennaista sijaintiriippuvaisissa työtehtävissä, joissa tehtävien ketjuttaminen reiteiksi on tärkeää. Tällöin tavoitteena merkityksellisiä tekijöitä ovat esimerkiksi turhat siirtymät työtehtävien välissä sekä kustannukset, joita syntyy työntekijöiden yövyttämisestä muualla.

4. Työkokonaisuuksien rakentaminen (line of work construction): Tässä moduulissa työvuoroista muodostetaan yhden henkilön tehtäviä pitkän aikavälin (useita viikkoja) kokonaisuuksia sovittamalla yhteen työnteosäädökset ja tarve.

Työkokonaisuudet voidaan rakentaa esimerkiksi syklisesti, asyklisesti ja jaksoperusteisesti. Syklisessä rakentamisessa kokonaisuudet ovat kaikille työntekijöille samat, mutta esimerkiksi saattavat alkaa eri vaiheesta. Se soveltuu tilanteisiin, joissa tarve noudattaa jaksottaista mallia. Asyklisessä jaossa jokaisen työntekijän työkokonaisuus on itsenäinen. Jaksoperusteisessa rakentamisessa sallitaan vain tietynlaisia vuorojaksoja, joita yhdistelemällä muodostetaan joko syklisiä tai asyksilisiä työkokonaisuuksia. Vuorojaksojen välisille voidaan myös asettaa rajoitteita tai preferenssejä.

5. Tehtävien suunnittelu (task scheduling): Joihinkin työvuoroihin tai työvuorokokonaisuuksiin voidaan liittää lisätehtäviä, jotka vaativat esimerkiksi tietyn osaamistason.
6. Työntekijöiden asettaminen vuoroihin (staff assignment): Tässä moduulissa yksittäiset työntekijät asetetaan työvuorokokonaisuuksiin. Usein tämä tehdään samaan aikaan kuin itse työvuorokokonaisuuksien muodostus, jotta voidaan huomioida myös työntekijöiden yksilöllisiä toiveita ja tarpeita.

Lopputuloksen kannalta paras keino ongelman ratkaisemiseen olisi yhdistää moduulit, mutta se on laskennallisesti vaikeaa. Ongelman jako moduuleihin tekee siitä jäljitettävämmän ja hallittavamman. Voi olla esimerkiksi järjestyksen ennustaa tarve ja suunnitella vuorot hyvissä ajoin, mutta sijoittaa työntekijät vuoroihin vasta, kun sitä varten on käytettävissä paras mahdollinen tieto.

Useissa tilanteissa moduulijako on luonnollinen. Työtehtäväpohjaisessakin tarpeen mallinnuksessa tehtävät voidaan usein yhdistää järkeviksi kokonaisuuksiksi ilman merkittäviä häviöitä listan joustavuudessa. Joustavassa tarvemallissa työvuorojen sijoittelulla saattaa sen sijaan olla johdannaisvaikutuksia tarpeeseen: mikäli vuorot on suunniteltava esimerkiksi 6-8 tunnin mittaisiksi, voi miehitykseen muodostua pienemmän palvelutason aikavälejä, jotka voivat kerryttää jonoja tulevaisuuteen.

#### 4.1.4 Tavoitefunktio

Työvuorosuunnittelussa on useita vaihtoehtoisia tapoja määritellä tavoitefunktio. Tavoitteena voi olla työvuorojen täyttö mahdollisimman hyvin, mahdollisimman reilu työvuorolista, työntekijöiden toiveiden täyttö mahdollisimman hyvin tai työvuorotarpeen täyttö mahdollisimman pienellä työntekijämäärällä. Perinteisessä optimoinnissa nämä tavoitteet voidaan sisällyttää hyötyfunktioon, kun taas rajoiteohjelmoinnissa (constraint programming) tavoitteet täytyy asettaa rajoitusehdoiksi.

Rajoitavissa menetelmissä kohdataan helposti ongelmia, mikäli täytettävä työtarve on mahdoton täyttää käytössä olevalla työvoimalla. Käytännön tilanteissa työvuoroja jääkin usein täyttämättä, jolloin minimivaatimus vuorojen täytöstäkin täytyy jotenkin hierarkisoida tai pisteyttää, jotta vähiten tärkeät työvuorot saadaan valittua pois.

### 4.2 Matemaattinen ohjelmointi

Yksi tapa lähestyä aikataulutusingelmia on matemaattinen ohjelmointi. Tällöin ongelma mallinnetaan lineaarisena mallina, lineaarisena kokonaislukumallina tai yleisenä matemaattisena mallina. Matemaattisen ohjelmoinnin menetelmät saavuttavat usein parhaimman tuloksen, mutta menetelmät ovat usein raskaita ja monimutkaisia.

#### 4.2.1 Sarakkeen kehitys

Sarakkeen kehityksessä (column generation) pääongelmasta luodaan rajoitettu pääongelma, joka sisältää vain osan muuttujista. Rajoitetun ongelman duaaliratkaisun perusteella kehitetään aliongelma, jonka perusteella rajoitettuun ongelmaan lisätään uusi muuttuja ja sitä vastaava sarake.

Gamache ja Soumis [20] soveltavat sarakkeen kehitystä lentokoneen miehistön aikataulukseen. He ovat jatkokehittäneet menetelmää siten, että optimoinnin aikana kehitetään useita toisistaan riippumattomia sarakkeita.

Sarakkeen kehityksen käyttötarkoitus on suuret ongelmat, jotka eivät ratkea helposti normaalein keinoin. Siinä kuitenkin menetetään helposti matemaattisen ohjelmoinnin tarkkuus, sillä kehitetyn aliongelman ratkaisuun tarvitaan usein omat heuristiikkansa. [15]

### 4.2.2 Syklinen suunnittelu

Baker [6] tutkii sairaanhoitajaongelmaa syklisessä muodossa kahden peräkkäisen vapaapäivän rajoitusehdolla. Syklinen työvuorosuunnitteluongelma määritellään usein  $(k, m)$ -ongelmana, jossa  $m$  on jakson pituus ja  $k$  on peräkkäisten työpäivien määrä. Bartholdi et al [7] muotoilevat syklisen ongelman lineaarisena kokonaislukuoptimointitehtävänä siten, että se voidaan ratkaista verkko-ongelmien rajoitettuna sarjana.

Burns ja Koop [11] tutkivat kolmivuorotyöhön sovellettavaa syklistä ongelmaa, jossa vaatimuksina on kaksi viikottaista vapaapäivää, tietty määrä vapaaviikonloppuja tietyn ajanjakson sisällä, maksimissaan kuusi peräkkäistä työpäivää sekä erilaisia vuorotyypivaatimuksia.

## 4.3 Rajoiteohjelmointi

Rajoiteohjelmoinnin idea on etsiä käypä ratkaisu malliin, jonka rajoitusehdot sisältävät tiedon siitä, mikä on hyvä ratkaisu. Sen sijaan, että jonkin asian hyvyydestä annettaisiin pisteitä, kuten tavanomaisessa optimoinnissa, rajoiteohjelmoinnissa tämä hyvyys on ikään kuin vaatimus ratkaisulle. Ongelman ratkaisemiseksi riittää siis löytää vain yksi käypä ratkaisu. Rajoiteohjelmointi tehtävä määritellään arvokolmikkona  $(X, D, C)$ , jossa  $X$  on muuttujien  $x_i$  joukko,  $D$  on muuttujien arvojoukko, jossa kullekin  $x_i$  on arvojoukko  $D_i$ , sekä  $C$  on rajoitusten joukko, joista jokainen yhdistää  $X$ :n osajoukon toisiinsa. [33]

Rajoiteohjelmointiongelmaa ratkotaan pääasiassa kahdentyyppisillä menetelmillä: rakentavilla (constructive) ja iteratiivisesti korjaavilla (iterative repair) algoritmeilla. Esimerkki rakentavasta algoritmista on Branch & Bound -algoritmi, jossa relaksoitua tehtävää tiukennetaan vähitellen käyvän ratkaisujoukon pienentyessä. Iteratiivisten korjaavien menetelmien tarkoitus on siirtyä yhdestä ratkaisusta naapuriratkaisuun (yleensä parempaan) ja tällä tavoin pikku hiljaa mahdollisesti päästä lopulliseen ratkaisuun. Korjaaviin menetelmiin liittyy yleensä jokin satunnaistava heuristiikka, jonka perusteella etenemissuunta päätetään. Tällä tavoin ratkaiseminen ei jää niin helposti jumiin paikallisiin optimeihin.

Trilling et al [33] tutkivat rajoiteohjelmointia, johon on liitetty lopuksi vielä kohdefunktio ohjaamaan jatkohakua käyvän ratkaisun löydyttyä. Hakua iteroidaan siten, että minimoitavalle kohdefunktiolle asetetaan maksimiarvorajoite, jota pienennetään jokaisella iteraatiokerralla. Heidän tutkimuk-

sessaan kuitenkin kokonaislukuoptymoinnilla saavutetaan pääsääntöisesti parempi tulos ja vieläpä nopeammin.

Freuder ja Wallace [18] käsittelevät osittaista rajoitteiden toteuttamistehtävää (partial constraint satisfaction problem, PCSP), joka sisältää kohdefunktion, mutta ei vaadi kaikkien rajoitteiden täyttymistä. Tämä sen vuoksi, että rajoiteohjelmoinnilla mallinnetut työvuorosuunnitteluongelmat ovat usein ylijaroitettuja, jolloin käyvän ratkaisun löytäminen saattaa olla mahdotonta tai vähintään työlästä. Osittainen rajoitetyytytysongelma tyytyy ratkaisuun, joka toteuttaa tietyn lukumäärän rajoitteita.

Borning et al [8] esittelevät hierarkisen lähestymiskeinon rajoiteohjelmointiin. Rajoitteet jaetaan hierarkiatasolle siten, että alemman hierarkiatason rajoitteiden toteutumisella ei ole merkitystä ylemmän tason rajoitteiden täyttämisen tavoittelussa. Lisäksi saman hierarkiatason rajoitteet voidaan pisteyttää tason sisällä.

## 4.4 Metaheuristiikat

Metaheuristiikat ovat optimointiongelmiin ratkaisukeinoja, joita käytetään usein vajavaisen tiedon tai laskutehon tapauksessa, eli ne eivät ole niinkään tarkkoja eivätkä takaa globaalin optimin löytymistä. Metaheuristiikoissa ongelmaa näytteistetään yleensä joidenkin stokastisesti generoitujen arvojen johdattamana, jolloin itse algoritmi ei sinänsä käytä tietoa ongelmasta, vaan tapauskohtainen tieto on maksimissaan sisällytetty jo etsintään, mikäli sitä edes käytetään tai on käytettävissä. Suuri osa metaheuristiikkoja käsittelevistä tutkimuksista keskittyy käytännön sovelluksiin eikä niinkään niiden teoriaan.

### 4.4.1 Geneettiset algoritmit

Aickelin ja Dowsland [4] tutkivat sairaanhoitajaongelman ratkaisua geneettisellä algoritmilla. Genettinen algoritmi on evoluutioprosessia mukaileva menetelmä. Populaatio tarkoittaa joukkoa ratkaisuja, yksilö on yksi ratkaisu, pariutuminen on kahden ratkaisun sekoittuminen ja niin edelleen. Menetelmän kulku voidaan jakaa kahdeksaan vaiheeseen:

1. Ensimmäisen populaation muodostaminen
2. Populaation yksilöille kelpoisuustesti



3. Lisääntyvien yksilöiden valinta kelpoisuuden perusteella
4. Yksilöiden pariuttaminen uusien yksilöiden tuottamiseksi
5. Uusien yksilöiden mutatointi
6. Uusien yksilöiden kelpoisuustesti
7. Vanhojen yksilöiden korvaaminen osin uusilla
8. Paluu vaiheeseen 3 mikäli lopetusehdot eivät ole täyttyneet

Geneettisen algoritmin yksi ongelmista on, että vaikka se yleensä konvergoituu kohti hyviä ratkaisuja, viimeisien parannusten tekeminen on epätodennäköistä. Aickelin ja Dowsland [4] liittävätkin algoritmin loppuun vuorikiipeilyalgoritmin (hill-climber) parantamaan lopullista tulosta. Geneettisiin algoritmeihin tehtävät muunnelmat ovat suhteellisen ongelmakohtaisia, minkä vuoksi se ei välttämättä sovellu yleiseksi työvuorosuunnittelumenetelmäksi.

#### 4.4.2 Tabu-etsintä

Nonobe ja Ikaraki [29] esittelevät ratkaisumenetelmän, jossa etsitään rajoitusehdoille aluksi ratkaisu, joka toteuttaa melkein kaikki rajoitusehdot, minkä jälkeen suoritetaan tabu-etsintä (tabu search). Tabu-etsinnässä siirrytään aina tähänhetkisestä ratkaisusta viereiseen parempaan ratkaisuun muuttamalla yhden päätösmuuttujan arvoa ja pitämällä rajoitetunmittaista muistilistaa tehdyistä liikkeistä (tabu-lista). Ratkaisujen hyvyys määräytyy niiden rikkomien rajoitusehtojen painotettuna summana.

#### 4.4.3 Simuloitu jäähdytys

Brusco ja Jacobs [9] tutkivat täysipäiväisten työntekijöiden suhteellisen laajasti vapautettua (so. joustavuutta vuorojen ajoissa ja vapaapäivissä) minimityöntekijämääräongelmaa käyttäen simuloitua jäähdytystä. Simuloidussa jäähdytyksessä nykyisen ratkaisun ympäristöstä valitaan satunnaisesti ratkaisu ja siirrytään siihen todennäköisyydellä

$$\begin{aligned} &1 \text{ jos } d \leq 0 \text{ (ei-huonompi ratkaisu)} \\ &e^{\frac{d}{T}} \text{ jos } d > 0 \text{ (huonompi ratkaisu),} \end{aligned}$$

missä  $d$  on ratkaisuvaihtoehtojen kohdefunktion arvojen erotus siten, että nykyisen ratkaisun ollessa parempi  $d < 0$ , ja  $T$  on systeemin niin sanottu lämpötila. Lämpötilan ollessa korkea todennäköisyys huonompaan ratkaisuun siirtymiseen on suurempi. Lämpötila on alussa korkea ja laskee haun edetessä, minkä vuoksi haku etenee alkuvaiheessa vapaammin ja loppuvaiheessa tekee vain ratkaisua parantavia liikkeitä. Brusco et al toteavat mallinsa soveltuvan hyvin eritapaisiin tilanteisiin, eikä rajoittuvan niin tapauskohtaisesti kuin esimerkiksi geneettiset algoritmit.

## 4.5 Matheuristiikat

Smet ja Vanden Berghe [32] tutkivat tietyn tehtäväjoukon suorittamista minimityöntekijämäärällä. Ratkaisuun he käyttävät matheuristiikkaa, joka tarkoittaa metaheuristiikan yhdistämistä optimointiin käyttämällä hyväksi jotain ongelmasta juontuvaa ominaisuutta. Smetin ja Vanden Berghen menetelmä etsii aluksi käyvän ratkaisun, minkä jälkeen ratkaisua parannellaan naapurihaulla ratkaisemalla osaongelmien optimeja.

Käypä ratkaisu saavutetaan aluksi järjestämällä vuorot alkuaikojen perusteella, sitten erikoistaitovaatimusten määrän perusteella, minkä jälkeen vuoroihin etsitään järjestyksessä käyvät työntekijät. Mikäli vuoro ei sovi yhdelekään työntekijälle, valitaan yksi työntekijä satunnaisesti ja poistetaan häneltä ristiriidan aiheuttava tehtävä, joka taasen lisätään takaisin täytettävien vuorojen listaan.

Lopullinen ratkaisu saadaan valitsemalla  $k$ :n satunnaisen työntekijän työvuorolista ja etsimällä kyseiselle työntekijä- ja tehtäväjoukolle optimiratkaisu. Toistamalla tätä kunnes lopettamishdot täyttyvät, päädytään usein suhteellisen nopeasti suhteellisen hyvään ratkaisuun: 72 kertaa 137:stä toistosta päädytään optimiin, ja 135 kertaa päädytään 5 %:n etäisyydelle tiedetystä alarajasta.

Naapurihaun parametri  $k$  on merkittävä tekijä Smet ja Vanden Berghen menetelmässä. Pienillä  $k$ :n arvoilla hakuja voidaan suorittaa nopeasti, jolloin niiden määrääkin voidaan kasvattaa, mutta suurilla  $k$ n arvoilla haun kattavuus kasvaa. Kun  $k$  kasvatetaan koko työntekijämäärän suuruiseksi, on alkuratkaisu itse asiassa haettu aivan turhaan, koska muutoksen alaisena on koko ratkaisu.

## 4.6 Henkilöstönhallinta

Henkilöstönhallinnassa on tärkeää arvioida henkilöstön tarvetta suhteessa tarjontaan sekä keinoja näiden kahden sovittamiseksi.

### 4.6.1 Henkilöstösuunnittelu

Henkilöstösuunnittelun vaiheiksi määritellään usein [14]:

- Työvoimatarpeen ennustaminen: muutokset tuotannossa, teknologioissa, markkinavoimissa ja -trendeissä sekä yrityksen strategiassa
- Työvoimatarjonnan ennustaminen: nykyinen henkilöstö, tulevaisuuden rekrytoinnin ja irtisanomiset, työolot, urakehitykset sekä työmarkkinamuutokset
- Aiemman kahden kohdan erojen kurominen umpeen: koulutus, urasuunnittelu, palkkataso, irtisanomiset ja muut yllämainitut seikat

Dudding ja Piskor [12] esittelevät Kanadan julkiselle sektorille tehdyn työkalun henkilöstösuunnittelulle, joka perustuu yhteen tehtävään monihierarkisella tasolla usealla ajanjaksolla. Malli perustuu erilaisiin virtoihin kuhunkin hierarkiatasoon ja niistä pois. Näitä virtoja ovat palkkaukset, irtisanomiset, eläköitymiset, vaihdot muiden yksiköiden välillä sekä ylennykset alemmilta hierarkiatasoilta.

Työvoiman siirtymistä systeemiin ja systeemin sisällä voidaan myös mallintaa Markov-ketjuina. Mehlmann [28] määrittelee ongelman, jossa tavoitellaan optimiohjausta (rekrytointimäärä) usean hierarkiatason systeemissä, jossa tavoitetila, hierarkiatasojen ylenemismuutokset sekä työntekijöiden irtisanoutumistodennäköisyydet eri tasoilla ovat tunnettuja.

Stelios ja Martin [36] laajentavat Markov-lähestymistä tavoiteoptimoinnilla (goal programming) lisäämällä siihen osiossa 4.3 käsitellyn lähestymistavan [8] tapaan tavoitteita, joiden täyttymistä tavoitellaan hierarkisesti. Tällöin tärkeimmät tavoitteet toteutuvat varmemmin ilman, että hyötyfunktion painokertoimia tarvitsisi elisitoida loputtomiin.

Zhu ja Sherali [37] esittelevät kaksivaiheisen henkilöstösuunnittelumenetelmän, jonka tarkoitus on ottaa huomioon tarpeen vaihtelu ja epävarmuus. Menetelmä on suunniteltu yrityksille, joissa työntekijätarve on aika- ja paiksidonnaista, mutta voidaan sakotuksen kautta siirtää toiselle ajalle tai pai-

kalle. Menetelmän lähtöasetelma eroaa kuitenkin tämän työn lähtöasetelmas-  
ta siinä, että tarve on jo työntekijämääräistä ja työntekijätyyppejä on vain  
yhdenlaisia kullekin tehtävälle.

Zhun ja Sheralin kaksiosaisessa menetelmässä ensimmäinen osa määrittää  
deterministisesti optimaaliset rekrytoinnit ja irtisanomiset alkuperäisen tar-  
vearvion perusteella, kun taas toinen osio määrittää tarkemmin optimaali-  
set siirrokset erilaisissa skenaarioissa painottamalla skenaarioiden ratkaisuja  
niiden todennäköisyyksien perusteella. Osien erottamisen ideana on projisoi-  
da rekrytointi- ja irtisanomispäätösten suurempaa merkitystä ja huonompaa  
mukautuvuutta suhteessa työvoiman ja työtehtävien allokointiin.

#### 4.6.2 Rekrytointi

Dyl ja Keaveny [13] esittävät rekrytointikustannusten minimioinnille mal-  
lin, joka määrittää optimaalisen lisähenkilöstömäärän palkkausjaksossa. Mal-  
li on laajennus Fordin EOQ-mallista [17], joka määrittää optimaalisen erä-  
koon tuotantolaitoksessa ottaen huomioon yksikkökustannukset ja kiinteät  
kustannukset suhteessa kysyntään. Dylin ja Keavenyn malli perustuu ase-  
telmaan, jossa yhtiössä on palkkausjaksoja sekä optimaalinen henkilöstölu-  
kumäärä. Työntekijöitä saadaan lisää vain palkkausjaksojen alussa, joiden  
tiheys on säädettävissä. Kustannuksia palkkausjaksojen kiinteiden ja vaih-  
televien kustannusten lisäksi aiheuttavat optimaalisesta henkilöstömääräs-  
tä poikkeamisesta juontuvat ylipalkkaus- ja alipalkkausjaksot. Ylipalkkaus  
vähentää ylityökorvauksia, mutta aiheuttaa työvoiman ylimäärää eli turhia  
palkkakustannuksia. Alipalkkaus taas aiheuttaa ylityökorvauksia. Mallis-  
sa kunkin palkkausjakson palkkausten ajatellaan tapahtuvan hetkessä kuten  
EOQ-mallin eräsaapumiset, mikä ei kovinkaan hyvin vastaa todellisuutta.

Lee [26] esittelee yleistyksen edelliseen esittelemällä laajemman kirjon rek-  
rytointiin liittyviä kustannuksia. Kustannuskategoriat on esitetty taulukossa  
4.1. Lisäksi mallissa käytetään tarvejohtoista rekrytointikerrointa, jonka avul-  
la mallinnetaan rekrytointiprosessin kykyä ajoittaa kukin rekrytointi tarpeen  
todelliseen ajankohtaan rekryprosessin alkuhetken sijaan.

Kiinteät kustannukset	Työtehtävien määrittelemine Palkkauskriteerien määrittely Mainostuskulut Rekrytoijan palkka ja matkustuskustannukset Kandidaattien järjestely Haastattelujen suunnittelu Hakijoiden etsiminen
Koordinointikustannukset	Suositusten tarkistaminen Palkkaustarpeiden tunnistaminen ja käsittely Työhakemusten vastaanottaminen ja käsittely Esiseulonta Hakijoiden yhteystiedot Haastattelujen koordinointi Kandidaattien vierailu Kandidaattien palaute Sopimusten teko
Ylipalkkauksen kustannukset	Ylimääräiset koulutuskustannukset Ylimääräiset palkkakustannukset
Alipalkkauksen kustannukset	Ylityökustannukset Menetetyt myynti-/tuotantomahdollisuudet

Taulukko 4.1: Rekrytointiin liittyvien kustannusten kategoriat [26]

## Luku 5

# Optimointimalli

Tämän luvun alussa formuloidaan pohjalla toimivan normaalin työvuorojen optimoinnin malli. Tämän jälkeen työvuoro-ongelma laajennetaan henkilöstömitoitusongelmaksi ja formuloidaan sille malli.

### 5.1 Työvuorojen optimoinnin malli

Tässä osiossa formuloidaan pohjalla käytettävän työvuoro-optimoinnin kokonaislukuoptimointimalli. Aluksi määritellään joukkojen, muuttujien ja parametrien merkinnät, minkä jälkeen määritellään mallin rajoitteet. Tavoitteena on määritellä malli, jolla saadaan kuvattua luvussa 2.2 esitellyt säännöt.

#### 5.1.1 Merkinnät

Joukot:

$D$  = Päivien joukko. Päivät välillä  $[d, e]$  merkitään  $D_{d,e}$   
 $V$  = Viikkojen joukko. Viikot välillä  $[v, w]$  merkitään  $V_{v,w}$   
 $P$  = Jaksojen joukko  
 $J$  = Vuorojen joukko  
 $I$  = Työntekijöiden joukko

Muuttujat:

$x_{ij}$  = Onko työntekijä  $i \in I$  vuorossa  $j \in J$   
 $f_{iv}^W$  = Onko työntekijällä  $i \in I$  viikolla  $v \in V$  vapaata joko perjantai ja lauantai tai lauantai ja sunnuntai  
 $e_{iv}$  = Tienaako työntekijä  $i \in I$  viikolta  $v \in V$  V- ja X-päivät  
 $f_{id}^V$  = Onko työntekijällä  $i \in I$  päivänä  $d \in D$  V-päivä  
 $f_{id}^X$  = Onko työntekijällä  $i \in I$  päivänä  $d \in D$  X-päivä

Parametrit:

$s_j$  = Vuoron  $j \in J$  alkuhetki  
 $t_j$  = Vuoron  $j \in J$  loppuhetki  
 $s_d$  = Päivän  $d \in D$  alkuhetki  
 $t_d$  = Päivän  $d \in D$  loppuhetki  
 $s_p$  = Jakson  $p \in P$  alkuhetki  
 $t_p$  = Jakson  $p \in P$  loppuhetki  
 $d_v$  = Viikon  $v \in V$  ensimmäinen päivä  
 $l^{max}$  = Vuoron maksimipituus  
 $l^{min}$  = Vuoron minimipituus  
 $l_j$  = Vuoron  $j \in J$  pituus tunteina  
 $H_i^{max}$  = Työntekijän  $i \in I$  sopimustunnit jaksoa kohti  
 $R^{min}$  = Minimilepoaika vuorojen välillä  
 $Q^{max}$  = Työpäivien maksimimäärä jaksoissa  
 $U^{max}$  = Peräkkäisten työpäivien maksimimäärä  
 $F^{max}$  = Peräkkäisten viikonloppuvapaiden (pe-la tai la-su) maksimietäisyys toisistaan viikkoina

Merkitään aikavälien sisällä olevia päivä- ja vuorojoukkoja seuraavasti:

$$\begin{aligned}
 D_v^V &= \{d \in D_{d^b, d^e} \mid v \in V \wedge d^b = d_v \wedge d^e = d_v + 6\} \\
 J_{d^b, d^e}^D &= \{j \in J \mid d^b, d^e \in D \wedge s_{d^b} \leq s_j < t_{d^e}\} \\
 J_d^D &= \{j \in J \mid d \in D \wedge s_d \leq s_j < t_d\} \\
 J_v^V &= \{j \in J_d^D \mid v \in V \wedge d \in D_v^V\} \\
 J_p^P &= \{j \in J \mid p \in P \wedge s_p \leq s_j < t_p\}
 \end{aligned}$$

Lisäksi merkitään viikonpäivien joukkoa  $W \in \{ma, ti, \dots, su\}$ , jolloin viikonpäiväkohtaiset päivä- ja vuorojoukot voidaan merkitä:

$$\begin{aligned}
 D^{Wz} &= \{d \in D \mid \exists v \in V : d = d_v + z\} \\
 D \setminus^{Wz} &= \{d \in D \mid \forall v \in V : d \neq d_v + z\} \\
 J_v^{Wz} &= \{j \in J_d^D \mid v \in V \wedge d = d_v + z\}
 \end{aligned}$$

### 5.1.2 Rajoitteet

Kussakin vuorossa voi olla maksimissaan vain yksi työntekijä:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J$$

Jaksossa tehtävien työtuntien määrä on työntekijöittäin rajoitettu:

$$\sum_{j \in J_p^P} l_j x_{ij} \leq H_i^{max} \quad \forall i \in I, \forall p \in P \quad (5.1)$$

Työvuoron minimipituus ja maksimipituus:

$$\begin{aligned} x_{ij} &= 0 & \forall i \in I, \forall j \in \{j \in J \mid l_j < l^{min}\} \\ x_{ij} &= 0 & \forall i \in I, \forall j \in \{j \in J \mid l_j > l^{max}\} \end{aligned}$$

Vuorojen välinen lepoaika:

$$x_{ij} + x_{ik} \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in \{k \in J \mid s_j \leq s_k < t_j + R^{min}\}$$

Jaksossa tehtävien työpäivien määrä:

$$\sum_{j \in J_p^P} x_{ij} \leq Q^{max} \quad \forall i \in I, \forall p \in P$$

Peräkkäisten työpäivien määrä:

$$\sum_{j \in J_{d,d+U^{max}}^D} x_{ij} \leq U^{max} \quad \forall i \in I, \forall d \in D$$

Viikonloppuvapaiden muuttuja:

$$\sum_{j \in J_v^{pe}} x_{ij} + 2 * \sum_{j \in J_v^{la}} x_{ij} + \sum_{j \in J_v^{su}} x_{ij} \leq 4 - 3 * f_{iv}^W \quad \forall i \in I, \forall v \in V,$$

Viikonloppuvapaiden lukumäärä:

$$\sum_{w \in V_{v,v+U^{max}}} f_{iw}^W \geq 1 \quad \forall i \in I, \forall v \in V$$



Viikkojen X- ja V-päivien tienausmuuttujat saadaan oikeisiin arvoihinsa rajoitteilla

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_v^V} x_{ij} &\geq 5 * e_{iv} & \forall i \in I, \forall v \in V \\ \sum_{j \in J_v^V} x_{ij} &\leq 4 + M * e_{iv} & \forall i \in I, \forall v \in V, \end{aligned}$$

missä  $M$  on jokin luku, jolle pätee  $M \geq 3$ .

Mikäli viikolta tienataan vapaapäivät, on ne myös sijoitettava, ja vastaavasti niitä ei saa sijoittaa, mikäli moisia ei tienata. Tämä voidaan merkitä rajoitteilla

$$\begin{aligned} \sum_{d \in D_v^V} f_{id}^V &= xv_{iv} & \forall i \in I, \forall v \in V \\ \sum_{d \in D_v^V} f_{id}^X &= xv_{iv} & \forall i \in I, \forall v \in V \end{aligned}$$

Vapaapäivät ovat yhtälailla pituudellisia kuten työvuorot, mutta niiden alku- ja loppuajat eivät ole määrättyjä samalla tavalla, vaan ne ovat liukuvia, kunhan vapaiden pituusvaatimukset täyttyvät. Vapaille kuitenkin pätee sääntö, että niiden varsinaisena vuorokautena ei saa olla työvuoroja. Käytännössä tämä tarkoittaa, että X-päivien liu'uttamisesta ei juuri ole hyötyä, paitsi V- ja X-vapaita yhdistettäessä, jolloin V-vapaan tuoma ylimääräinen 6 tuntia voidaan jakaa vapaaparia edeltävän ja seuraavan päivän kesken.

Vapaiden pituudet saadaan rajoitettua tarpeeksi pitkäksi rajoittamalla vapaata edeltävän päivän liian myöhään loppuvat vuorot poissulkeviksi liian aikaisin vapaata seuraavana päivänä alkavien vuorojen kanssa. Lisäksi rajoitetaan vapaat kokonaisten viikkojen sisään. Muussa tapauksessa pitäisi huolehtia peräkkäisten viikkojen X- ja V-vapajaksojen yhdistymisestä viikkorajojen yli. Aluksi rajoitetaan vapaiden varsinaiset päivät omille päivilleen:

$$\sum_{j \in J_d^D} x_{ij} + f_{id}^V + f_{id}^X \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall d \in D$$

Tämän jälkeen muodostetaan normaalit rajoitteet yksittäisille V-vapaille se-

kä V- ja X-vapaiden yhdistelmille:

$$\begin{aligned} x_{ij} + \sum_{k \in J_{dj}^{30}} x_{ik} &\leq 2 - f_{id}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{\setminus su}, \forall j \in J_d^{-6h} \\ x_{ij} + \sum_{k \in J_{dj}^{54}} x_{ik} &\leq 3 - f_{id}^V - f_{i,d+1}^X & \forall i \in I, \forall d \in D^{\setminus la}, \forall j \in J_d^{-6h} \\ x_{ij} + \sum_{k \in J_{dj}^{54}} x_{ik} &\leq 3 - f_{id}^X - f_{i,d+1}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{\setminus la}, \forall j \in J_d^{-6h} \end{aligned}$$

sekä viikkorajoihin liittyvät erikoistapaukset

$$\begin{aligned} x_{ij} &\leq 1 - f_{id}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{su}, \forall j \in J_d^{-6h} \\ x_{ij} &\leq 2 - f_{id}^V - f_{i,d+1}^X & \forall i \in I, \forall d \in D^{la}, \forall j \in J_d^{-6h} \\ x_{ij} &\leq 2 - f_{id}^X - f_{i,d+1}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{la}, \forall j \in J_d^{-6h} \\ x_{ij} &\leq 1 - f_{i,d-1}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{ti}, \forall j \in J_d^{+6h} \\ x_{ij} &\leq 2 - f_{i,d-1}^V - f_{i,d-2}^X & \forall i \in I, \forall d \in D^{ke}, \forall j \in J_d^{+6h} \\ x_{ij} &\leq 2 - f_{i,d-1}^X - f_{i,d-2}^V & \forall i \in I, \forall d \in D^{ke}, \forall j \in J_d^{+6h}, \end{aligned}$$

joissa

$$\begin{aligned} J_d^{-6h} &= \{j \in J \mid s_d - 6h \leq t_j \leq s_d\} \\ J_d^{+6h} &= \{j \in J \mid s_d \leq s_j \leq s_d + 6h\} \\ J_{dj}^{30h} &= \{k \in J \mid s_d \leq s_k < t_j + 30h\} \\ J_{dj}^{54h} &= \{k \in J \mid s_d \leq s_k < t_j + 54h\} \end{aligned}$$

## 5.2 Laajennus työvuorosuunnitteluun

Tässä työssä tehty malli pohjautuu luvussa 5.1 esiteltyyn tarkkaan operatiiviseen työvuorosuunnitteluongelmaan. Tällä keinolla varmistutaan kaikkien tekijöiden huomioonottamisesta tässä monimutkaisessa systeemissä. Ongelmia voisi tulla esimerkiksi vuorojen jakautuvuudesta tietynlaisille tuntisopimusyhdistelmille, lomalaskennoista, tarpeen vahvoista ailahteluista aikajoin ja muista seikoista, jotka eivät tule huomioiduiksi yksinkertaisissa jakolaskuissa.

Esiteltävä henkilöstömitoitusmalli on työvuorosuunnitteluongelman laajennus siten, että käytännössä työntekijöiden olemassaolo on tuntematonta ja

työvuorosuunnitelman hyvyyttä parantava hyötyfunktio on muutettu työorganisaation rakennetta halutunlaiseksi ohjaavaksi funktioksi. Olisi mahdollista pitää alkuperäisenkin ongelman hyötyfunktio jollain asteella mukana mallissa, mutta näiden kahden tavoitteen keskinäinen painottaminen olisi suhteellisen vaikeaa. Alkuperäisen ongelman hyötyfunktio ei myöskään täysin ajaisi tässä tavoiteltavaa lopputulosta. Siinä keskitytään useilta osin lähinnä vuorojen vaihteluun työntekijöiden kesken, eikä niinkään ratkaisun mahdollisuuteen tietyllä työntekijäpoolilla, joka on tämän ongelman ydintä.

Erittäin tarkan mallin luominen on vaikeaa ja voi helposti jopa johtaa huonoon tulokseen. Tässä työssä luotu malli onkin tarkoitettu luomaan tietyin ehdoin erilaisia hyviä vaihtoehtoja, joista lopullinen päätöksentekijä tekee loppupäätelmänsä. Hyötyfunktion viimeinen silaus on siis oikeastaan ulkoistettu mallilta ihmiselle, jolloin vältetään kertoimien väärän määrittämisen riskeiltä. Riskejä syntyy helposti, kun useita erityyppisiä asioita arvotetaan suhteessa toisiinsa. Lopullinen tulos onkin siis oikeastaan algoritmi, joka siirtyy tietyin ehdoin edellisen kierroksen tuloksien perusteella aina uuden kierroksen määrittämiseen.

Mitoituksen ensimmäinen vaihe on kuukausipalkkaisten määrän sovittaminen. Tarpeen täyttäminen kuukausipalkkaisilla on todennäköisimmin tehokainta tai ainakin tieto organisaation mahdollisuuksista moiseen on arvokasta. Kuukausipalkkaisten työmäärässä on ehtona sopimustuntien täyttyminen tasan sovittuun määrään, joten ensimmäinen kierros on aina tarpeen paras mahdollinen täyttö siten, että käytettyjen kuukausipalkkaisten tunnit ovat täynnä.

Seuraavassa vaiheessa tarkasteluun otetaan mukaan tuntipalkkaiset työntekijät. Heidän sopimuksensa sallivat vaihtelevammat työtunnit ja vaadittu vähimmäistuntimäärä on usein kuukausipalkkaisia matalampi, suurimman osan kuukausipalkkaisista työntekijöistä ollessa täysipäivisiä. Ensimmäinen kierroksen tulos pidetään tässä vaiheessa pohjaratkaisuna.

Kolmas vaihe on toisen vaiheen kanssa hyvin samantapainen, mutta tuntipalkkaisten sijaan lisätään vuokratyöläisiä. Vuokratyöläisten sopimukset ovat joustavimpia ja voivat olla jopa nollatuntisopimuksia, koska vuokratyö ei todellisuudessa sinänsä työskentele itse yrityksessä. Toisen kierroksen tulos pidetään kolmannessa vaiheessa jo vahvistettuna.

Vaikka kaikkia työntekijätyyppejä on nyt käytetty, voi tulos olla alioptimaalinen, koska se ei pyri täyttämään tarvetta mahdollisimman tasan, vaan kierrossysteemin vuoksi kukin tulos saattaa lisätä sopimustyyppin työntekijöitä myöhempien kierrosten sopimustyyppien työntekijämäärien kustannuksella.

Algoritmin viimeinen vaihe on edelleen kaikkia työntekijätyyppejä käyttävä, mutta nyt tavoitteena on todellinen optimi. Tavoitteessa haasteelliseksi tulee hyötyfunktion muodostaminen, koska kuukausi- ja tuntipalkkaisten sekä täysi- ja osa-aikaisten keskinäinen arvottaminen on vaikeaa. Lisäksi kaikkien työntekijätyyppien lukumäärien korkea maksimilukumäärä hankaloittaa optimointimallin ratkaisua, mikä saattaa suurissa ongelmissa lisätä ratkaisuaikaa merkittävästi.

### 5.3 Epävarmuustekijät

Sairaspoissaolot ovat vaikeasti arvattavia ja suhteellisen satunnaisia, minkä vuoksi niiden ennustaminen on vaikeaa. Työn mallissa sairaspöissaolot on haluttu ottaa mukaan mahdollisena osana tarpeen vaihtelun ennustamista. Satunnaisuutensa vuoksi sairaspöissaoloja voidaan mallintaa muodostamalla satunnaisesti valituille vuoroilla kaksoiskappale. Mallin tuottamassa ratkaisussa vuoroon laitetaan täten yksinkertaisesti yhden työntekijän sijaan kaksi, joista toisen ei vuoroaan toteuta sairaspöissaolonsa vuoksi.

Sairaspöissaolojen aikaisilta vuoroilta joudutaan yleensä työntekijöille maksamaan palkkaa aivan kuin he olisivat normaalistikin töissä, minkä vuoksi mallinnus on sinänsä järkipöiräinen. Mallinnosta voitaisiin parantaa esimerkiksi ottamalla huomioon sairaspöivää seuraavan päivän kohonnut sairaspöissaoloriski, mutta pöissaolon kohdistaminen mallissa nimenomaan työntekijään eikä työvuoroon tekisi mallinnoksesta suhteellisen turhaan monimutkaisemman.

Toinen epävarmuustekijä henkilöstömitoituksessa on tarpeen todenmukaisuus. Tarve, johon henkilöstö mitoitetaan, on yleensä historiadatan ja asi-  
antuntija-arvion yhdistelmä. Tämän työn työkalun tarkoitus ei kuitenkaan ole tehdä korjauksia syötettyyn tarpeeseen sairaspöissaolomallinnoksen tyyppisesti. Tarpeen kasvua ei voida johtaa yhtä yksinkertaisesti yhdestä kasvua kuvaavasta luvusta, koska se voi heijastua tarpeeseen eri aloilla, ammattityypeissä ja organisaatioissa täysin eri tavoin, minkä vuoksi hyvän ennusteen kehittäminen on oma erittäin vaikea ongelmansa.

Henkilöstön suunnittelun kannalta erittäin huomionarvoiseksi voidaan nostaa myös henkilöstön palkkaamiseen ja irtisanoutumiseen liittyvät asiat, joita käsiteltiin luvussa 4.6. Työntekijämarkkinat vaihtelevat kovasti ja ovat usein hyvin kilpaillut, minkä vuoksi oikeanlaisen ammattitaidon löytäminen ja säilyttäminen eivät ole itsestäänselvyyksiä. Erityisesti tämän vuoksi on tärkeää, että algoritmi antaa lopputuloksena useita eri tilanteita, jolloin täytäntöön

pantava henkilöstörakenne voidaan muodostaa tavoitetilan ja työmarkkinoiden antamien mahdollisuuksien kompromissina.

## 5.4 Lomasuunnittelu

Tämän työn henkilöstömitoitussmallissa ei oteta huomioon työntekijöille annettavia vuosilomia tai muita lomia. Todellisuudessa lomat ovat nimenomaan yksi keino hallita vaihtelevaa tarvetta. Esimerkiksi kesäaikaan voivat asiakasmäärät olla muita aikoja matalempia, jolloin on loogista tarjota myös omalle henkilökunnalle lomienpitomahdollisuuksia tarpeen ja tarjonnan kohtauttamiseksi.

Toisaalta vuosilomalain (162/2005) 20 §:n [3] perusteella työntekijöille on annettava kesäloma lomakaudella (2.5.- 30.9.), mikä taasen pakottaa kesäaikaan vilkkaimmillaan olevat työpaikat myöntämään lomat pidettäviksi epäsuotuisaan aikaan. Lain asettamista aikarajoista voi toki sopimalla poiketa, mutta se ei työsuhteiden vaihtuessa ole välttämättä kovin kestävä ratkaisu. Laissa on myös huomioitu selvästi kausiluonteiset työtehtävät siten, että niissä kesäloma voidaan antaa myös lomakauden ulkopuolella saman kalenterivuoden aikana.

Vuosilomien suunnittelu strategisen henkilöstösuunnittelun yhteydessä olisi järkevää, mutta siihen liittyy muutamia ongelmia realistisen mallinnuksen kannalta. Vaikka vuosilomien ajankohdat ovat työnantajien määrättävissä ilman sen kummempaa keskustelua työntekijän kanssa, on työntekijän kuuleminen vähintäänkin hyvä tapa ja vaikuttaa työntekijän hyvinvointiin.

## 5.5 Määräaikaiset sopimukset

Toinen yksinkertainen keino sopeuttaa työntekijöiden määriä tarpeeseen on määräaikaiset sopimukset. Määräaikaisilla työntekijöillä voidaan kattaa hetkellisesti noussut tarve esimerkiksi kausiluonteisten alojen kohonneen tarpeen kausilla tai korvata pitkien sairausjaksojen seurauksena tulevia työntekijämääräalennuksia.

Työaikalaki (26.1.2001/55) 3 § [2] kuitenkin rajoittaa määräaikaisten työsuhteiden sopimista siten, että määräaikaisia sopimuksia ei voida pitää pitkän aikavälin ratkaisuna epävarmalle työvoimatarpeelle, vaan nimenomaan yksittäisten yllättävien ja kausiluonteisten vaikutusten huomioimiselle.

Tämän työn menetelmä ei huomioi määräaikaisten sopimusten mahdollisuutta. Menetelmää voidaan kuitenkin soveltaa erikseen ajanjaksoille, joissa tarve on koholla. Jos organisaation työntekijätyyppien minimimäärät on kiinnitetty olemassaoleville tasoille, saadaan selville tarpeen kasvun vaatimat työvoimallisäykset.

## 5.6 Henkilöstömitoituksen malli

Henkilöstömitoitusmalli pohjautuu pitkälti osiossa 5.1 esitettyyn malliin. Poikkeuksena kyseiseen malliin tässä mallissa työntekijöiden olemassaolo organisaatiossa on muuttuja. Tämä saadaan implementoitua malliin muuttamalla yhtälö 5.1 muotoon

$$\sum_{j \in J_t} p_j x_{ij} \leq R_i o_i \quad \forall i \in I, \forall t \in T,$$

missä  $o_i$  on työntekijän  $i$  olemassaolomuuttuja.

Mallia muodostettaessa on aluksi päätettävä maksimimäärä kutakin työntekijätyyppiä, koska jokaista potentiaalista työntekijää varten täytyy malliin lisätä staattisesti rajoitusehtoja ja muuttujia. Olisi houkuttelevaa vain asettaa maksimiraja mahdollisimman ylös, jolloin oikeat ratkaisut löytyisivät varmasti, eikä tarvitsisi nähdä vaivaa ongelman alkumäärittelyssä. On kuitenkin otettava huomioon, että mallin ratkaisuaika kasvaa eksponentiaalisesti muuttujien määrän kasvaessa, joten on tarkoituksenmukaista pyrkiä antamaan mallille vain niin vapaat kädet kuin se maksimissaan tarvitsee.

Yksinkertainen tapa kunkin työntekijätyypin maksimimäärälle on tyypin tuntitarpeen jakaminen tyypin sopimustunneilla. Työntekijätyypeillä, joille on määritetty alaraja työtunneille, tällä tavalla saadaan ehdoton maksimi työntekijämäärälle. Työntekijämäärä on tällöin:

$$\min_{p \in P} \left\lceil \frac{\sum_{j \in J_p} l_j}{R_i} \right\rceil, \quad (5.2)$$

missä  $R_i$  on työntekijätyypin  $i$  minimisopimustunnit jaksossa.

Ongelma kuitenkin monimutkaistuu, mikäli jonkin tarpeen osajiksi on määritetty useita erilaisia työntekijätyyppejä. Tällöin ratkaisu voi edelleen sisältää esimerkiksi vain yhtä työntekijätyypeistä, joten alkurajauksella ei juuri voida helpottaa mallin ratkaisua sen pidemmälle.

Määritettäessä niin sanottujen nollatuntilaisten maksimimäärää on järkevää tehdä muutama huomio. Ensinnäkin työntekijöitä voi maksimissaan tarvita

vuorojen lukumäärän verran. Usein nollatuntilaisilla täytettävä tarve on sen verran hajanaista, että yhtä työntekijää voidaan hyödyntää useammin kuin kerran kuussa. On kuitenkin myös tilanteita, joissa tarve on nimenomaan erittäin lyhytaikaisesti koholla, jolloin hyvä arvio maksimimäärälle saadaan katsomalla tarpeen maksimia päivittäisellä tasolla. Tämä keino pätee hyvin, kun kohonnut tarve kestää alle viikon ja vuorot ovat normaalin mittaisia, jolloin ei tarvitse vielä ottaa huomioon viikon työaikaan liittyviä säädöksiä.

Jotta työntekijätyyppejä voitaisiin priorisoida ja työntekijämäärien turha kasvu voitaisiin estää, on malliin hyötyfunktioon lisättävä termit, jotka arvottavat työntekijämuuttujia. Kertoimien määrittämisessä on otettava huomioon, että ensisijainen tavoite on täyttää tarve, joten vähäpätöisimmänkin työsuhteen solmimisen tulee olla vähemmän haitallista kuin pieniarvoisimman työvuoron täyttämisen hyödyt.

## Luku 6

# Aineisto ja tulokset

Strategisen henkilöstömitoituksen työkalu käy työn aineistolla ja valinnoilla läpi neljä kierrosta: kuukausipalkkais-, tuntipalkkais-, vuokratyöläiskierroksen ja kokonaisoptimikierroksen. Tässä luvussa esitellään työssä käytetty aineisto ja käsitellään jokaisen kierroksen tulokset.

### 6.1 Työvuorotarve

Työssä käytetty aineisto on kuvitteellisen ravintolan (Ravintola 1213) työvuorotarve 9 viikon ajanjaksolle. Aineistossa on pyritty simuloimaan ravintolassa yleisesti esiintyvää viikonpäivistä, tapahtumista ja muista asioista johtuvaa tarpeen vaihtelua. Ravintola 1213:ssa tarvitaan kolmea eri ammattiosaamista: ravintolapäällikköä, tarjoilijoita ja kokkeja. Työvuorotarve on esitetty liitteessä A. Taulukossa 6.1 on esitetty tarpeen jakautuminen jaksoissa ammattinimikkeittäin.

Ammattinimike	1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	910,2 h	939,8 h	791,8 h	2570,4 h
Ravintolapäällikkö	155,4 h	162,8 h	155,4 h	473,6 h
Kokki	444 h	466,2 h	414,4 h	1324,6 h

Taulukko 6.1: Työvuorotarve ammattinimikkeittäin jaksoissa



Ammattinimike	Sopimustyyppi	Minimitunnit / vko	Maksimitunnit / vko
Tarjoilija	Kuukausipalkka	37 h	37 h
	Tuntipalkka	14,8 h	22,2 h
	Vuokratyö	0 h	14,8 h
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkka	37 h	37 h
	Tuntipalkka	14,8 h	22,2 h
	Vuokratyö	0 h	14,8 h
TarjoilKokkiija	Kuukausipalkka	37 h	37 h
	Tuntipalkka	14,8 h	22,2 h
	Vuokratyö	0 h	14,8 h

Taulukko 6.2: Käytettäväksi valitut työntekijätyypit. Minimi- ja maksimituntimäärän ovat viikkojen keskiarvovaatimukset. Keskiarvotus tehdään jakso-  
tasolla.

## 6.2 Työntekijätyypit

Työn malli vaatii lisäksi työntekijätyyppien määritykset. MaRa-työehtosopimuksessa [5] täysiaikaisen työntekijän viikkotunnit ovat 37 tuntia, minkä vuoksi jokaiselle ammattinimikkeelle on määritetty kuukausipalkkaisten sopimustunneiksi 37 tuntia. Lisäksi jokaiselle ammattinimikkeelle on määritetty osa-aikaiset tuntityöläiset, joiden takuutunnit ovat 14,8 h/vko ja maksimitunnit 22,2 h/vko. Työehtosopimuksen sääntöjen mukaisesti nämä tunniti täytyy tasoittaa yhden jakson sisällä. Osa-aikaisille täytyy siis suunnitella kolmiviikkoisjakson ajalle vähintään 44,4 tuntia ja enintään 66,6 tuntia eli keskimäärin 2-3 vuoroa viikossa. Työntekijätyypit on esitetty taulukossa 6.2

## 6.3 Kuukausipalkkaiskierros

Ensimmäisellä kierroksella optimoitiin kokoaikaisten kuukausipalkkaisten lukumäärä. Kierroksen antamat työntekijälukumäärät ovat esitettynä taulukossa 6.3. Taulukossa 6.4 on esitetty täytetyt työvuorotunnit ja vuorojen täyttymisasteet ammattinimikkeittäin. Taulukosta nähdään, että minkään ammattimikkeen vuorot eivät täyty pelkillä kuukausipalkkaisilla.

Tarjoilijoille tarjolla olevien vuorojen täyttöasteesta nähdään työvuorotarpeen jakautuneisuuden merkitys. Neljällä täysiaikaisella tarjoilijalla saadaan pienimmän tarpeen jaksossa täytettyä vain 56 % tarpeesta, mutta koska tarpeen väheneminen on tuossa jaksossa keskittynyt lyhyelle viikon aikavälille, ei tarvetta saada kovinkaan pitkälle täytettyä täysiaikaisilla, jotka vaatisivat

Ammattinimike	Sopimustyyppi	Lukumäärä
Tarjoilija	Kuukausipalkka (37 h)	4
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkka (37 h)	1
Kokki	Kuukausipalkka (37 h)	3

Taulukko 6.3: Ensimmäinen kierroksen tuloksen työntekijämäärät

Ammattinimike	1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	444 h 49 %	444 h 47 %	444 h 56 %	1332 h 50 %
Ravintolapääällikkö	111 h 71 %	111 h 68 %	111 h 71 %	333 h 70 %
Kokki	333 h 75 %	333 h 71 %	333 h 80 %	999 h 75 %

Taulukko 6.4: Työvuorojen täyttyminen ammattinimikkeittäin ensimmäisellä kierroksella. Prosenttiluku on osuus täytetyn tarpeen osuus kokonaistarpeesta.

tasaisempaa tarvetta. Toisen kahden ammattinimikkeen kohdalla työntekijöiden lukumäärä on suoraan kaavalla 5.2 saatava yläraja työntekijätyypille. Yläraja tarjoilijoiden lukumäärälle on 7 kappaletta, joka poikkeaa huomattavasti lopullisesta tuloksesta.

## 6.4 Tuntipalkkaiskierros

Toisella kierroksella kokoaikaisten kuukausipalkkaisten lukumäärät on kiinnitetty ensimmäisen kierroksen tuloksen osoittamiin määriin ja päälle on optimoitu osa-aikaiset tuntipalkkaiset työntekijät. Tulokseksi tulleet työntekijämäärät on esitetty taulukossa 6.5. Edellisellä kierroksella selvästi vajaaksi jäänyttä tarjoilijastoa on nyt paikottu suurella osa-aikaisten määrällä. Toisilla ammattinimikkeillä tilaa on jäänyt vain yksille osa-aikaisille.

Taulukossa 6.6 on toisen kierroksen työntekijäkokoontaanolla täytetyt työvuorotunnit ja niiden osuus kokonaistarpeesta. Ainoastaan ravintolapääällikkötarve on saatu kokonaan täytettyä. Tarjoilijoiden osalta tarve on kahdessa jaksossa täysin täytetty, mutta osa-aikaisten mahdollistama jousto ei kuitenkaan riitä 2. jaksos täyttämiseen. Kokkien kohdalla kuukausipalkkaisten jälkeen täyttämättä jäänyt tarve ei olisi missään jaksossa tarpeeksi suuri mahdollistamaan kahden tuntipalkkaisen palkkausta.

Ammattinimike	Sopimustyyppi	Lukumäärä
Tarjoilija	Kuukausipalkka (37 h)	4
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	7
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkka (37 h)	1
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	1
Kokki	Kuukausipalkka (37 h)	3
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	1

Taulukko 6.5: Toisen kierroksen tuloksen työntekijämäärät

Ammattinimike	1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	910,2 h	910,2 h	791,8 h	2641,8 h
	100 %	97 %	100 %	99 %
Ravintolapääällikkö	155,4 h	162,8 h	155,4 h	473,6 h
	100 %	100 %	100 %	100 %
Kokki	399,6 h	399,6 h	399,6 h	1198,8 h
	90 %	86 %	96 %	91 %

Taulukko 6.6: Työvuorojen täyttyminen ammattinimikkeittäin toisella kierroksella. Prosenttiluku on osuus täytetyn tarpeen osuus kokonaistarpeesta.

Erityisesti kokkien tulos osoittaa, että kuukausipalkkaisten ensisijaisuus tuottaa alioptimaalisia tuloksia. Mikäli tavoitteena olisi ensisijaisesti täyttää tarve, olisi kuukausipalkkaisten osuus pienempi ja joustavampien tuntipalkkaisten osuus vastaavasti suurempi. Ajettaessa optimointia kokkitarpeelle siten, että työntekijätyypit ovat samalla kierroksella, saadaan tulokseksi 2 kuukausipalkkaista ja 4 tuntipalkkaista. Tuolla kokoonpanolla tarve täyttyisi kokonaan.

Taulukossa 6.7 on esitetty työtyötuntien jakautuminen eri työntekijätyypeille ja niiden suhde työntekijätyyppien edustajien yhteenlaskettuihin minimitunteihin. Tuntipalkkaisten osalta on huomioitava, että maksimituntiraja on kaikilla tuntipalkkaisilla työntekijätyypeillä 150% minimituntirajasta.

Tarjoilijoiden tuntipalkkaisten 3. jakson prosenteista voidaan laskea, että mikäli työntekijöitä olisi seitsemän sijaan kahdeksan kappaletta, jäisi työntekijöille tarjolle vain  $112\% \cdot \frac{7}{8} = 98\%$  minimitunneista, mikä ei aivan olisi käypä ratkaisu. Taulukossa 6.6 esiintyvä 2. jakson vajaatäyttö aiheutuu siis periaatteessa kolmannen jakson pienestä tarpeesta.

Jokaisen ammattinimikkeen kohdalla on huomionarvoista se, että vähintään kahdessa jaksossa tuntipalkkaisten täyttöaste on joko ylä- tai alarajalla, mikä tarkoittaa työntekijäkokoonpanon mukautumiskyvyn heikkoutta poikkeusti-

Ammattinimike	Sopimustyyppi	1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	Kuukausipalkkaiset	444 h	444 h	444 h	1332 h
		100 %	100 %	100 %	100 %
	Tuntipalkkaiset	466,2 h	466,2 h	347,8 h	1280,2 h
		150 %	150 %	112 %	137 %
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkkaiset	111 h	111 h	111 h	333 h
		100 %	100 %	100 %	100 %
	Tuntipalkkaiset	44,4 h	51,8 h	44,4 h	140,6 h
		100 %	117 %	100 %	106 %
Kokki	Kuukausipalkkaiset	333 h	333 h	333 h	999 h
		100 %	100 %	100 %	100 %
	Tuntipalkkaiset	66,6 h	66,6 h	66,6 h	199,8 h
		150 %	150 %	150 %	150 %

Taulukko 6.7: Sopimustuntien täyttyminen työntekijätyypeittäin toisella kierroksella. Prosenttiluku on allokoitujen työtuntien määrä suhteessa minimimitunteihin.

lanteissa. Ravintolapääälliköiden tuntipalkkaiset ovat alarajalla (100%), mikä tarkoittaisi tarpeen vähentyessä turhaan maksettavia palkkakustannuksia. Kahden muun ammattinimikkeen tuntipakkaisten tunnit ovat taas en ylärajalla (150%), mikä tarkoittaisi esimerkiksi ylimääräisen vuokratyövoiman palkkausta tarpeen noustessa yllättäen. Tarjoilija- ja kokkivuorojen osalta lisätyövoima on tosin jo nyt tarpeellista, koska tarvetta ei olla kokonaan täytetty.

## 6.5 Vuokratyöläiskierros

Vuokratyöläiskierroksella mahdollistetaan vielä vuokratyöläisten lisääminen täyttämään viimeisetkin vajaaksi jääneet vuorot. Kierroksen työntekijämäärät on esitetty taulukossa 6.8. Vuokratyöläisten minimitunnit jaksossa on nol-la, joten työvuorot saadaan niiden avulla pakostakin täytettyä, koska palk-kaus jossakin jaksossa ei velvoita antamaan työtunteja jossain toisessa jak-sossa.

Taulukosta 6.9 nähdään ammattinimikkeille allokoitujen työtuntien suhde vastaavien työntekijätyyppien minimi- ja maksimituntien summiin. Suhteen avulla voidaan arvioida kokoonpanon joustavuutta poikkeustilanteissa. Mitä kauempana suhdeluku on 100 prosentista, sitä enemmän liikkumavaraa on.

Työtuntien suhteista minimimitunteihin voidaan havaita ravintolapääälliköiden

Ammattinimike	Sopimustyyppi	Lukumäärä
Tarjoilija	Kuukausipalkka (37 h)	4
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	7
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	1
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkka (37 h)	1
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	1
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	0
Kokki	Kuukausipalkka (37 h)	3
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	1
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	2

Taulukko 6.8: Kolmannen kierroksen tuloksen työntekijämäärät

Ammattinimike		1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	Tarve	910,2 h	939,8 h	791,8 h	2570,4 h
	Minimi	83 %	80 %	95 %	88 %
	Maksimi	105 %	102 %	121 %	111 %
Ravintolapääällikkö	Tarve	155,4 h	162,8 h	155,4 h	473,6 h
	Minimi	100 %	95 %	100 %	98 %
	Maksimi	114 %	109 %	114 %	113 %
Kokki	Tarve	444 h	466,2 h	414,4 h	1324,6 h
	Minimi	85 %	81 %	91 %	85 %
	Maksimi	110 %	105 %	118 %	111 %

Taulukko 6.9: Työvuorojen täyttyminen suhteessa ammattinimikkeiden työntekijätyyppien yhteenlaskettuihin minimi- ja maksimitunteihin kolmannella kierroksella

kokoonpanon joustamattomuus, mikäli vuorotarve vähentyisi 1. tai 3. jaksossa nykyisestä. Vastaavasti työtuntien suhteesta maksimitunteihin nähdään, että tarjoilijoiden kokoonpano vaikuttaisi suhteellisen joustamattomalta, mikäli tarve kasvaisi 2. jaksossa, sillä suhdeluku on vain 102%.

## 6.6 Kokonaisoptimikierros

Kokonaisoptimikierroksella kaikki työntekijätyypit optimoidaan yhdellä kerralla sen sijaan, että tyypit priorisoitaisiin optimointijärjestyksellä ja lukittaisiin saatuihin tuloksiin. Taulukossa 6.10 on esitetty verrokkikierroksen työntekijämäärät. Vain kokkien määrät ovat kolmannen kierroksen tuloksesta poikkeavat.

Ammattinimike	Sopimustyyppi	Lukumäärä
Tarjoilija	Kuukausipalkka (37 h)	4
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	7
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	1
Ravintolapääällikkö	Kuukausipalkka (37 h)	1
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	1
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	0
Kokki	Kuukausipalkka (37 h)	2
	Tuntipalkka (14,8 - 22,2 h)	4
	Vuokratyö (0 - 14,8 h)	0

Taulukko 6.10: Kokonaisoptimikierroksen tuloksen työntekijämäärät

Ammattinimike		1. jakso	2. jakso	3. jakso	Koko ajanjakso
Tarjoilija	Tarve	910,2 h	939,8 h	791,8 h	2570,4 h
	Minimi	83 %	80 %	95 %	88 %
	Maksimi	105 %	102 %	121 %	111 %
Ravintolapääällikkö	Tarve	155,4 h	162,8 h	155,4 h	473,6 h
	Minimi	100 %	95 %	100 %	98 %
	Maksimi	114 %	109 %	114 %	113 %
Kokki	Tarve	444 h	466,2 h	414,4 h	1324,6 h
	Minimi	90 %	86 %	96 %	91 %
	Maksimi	110 %	105 %	118 %	111 %

Taulukko 6.11: Työvuorojen täyttyminen suhteessa ammattinimikkeiden työntekijätyyppien yhteenlaskettuihin minimi- ja maksimitunteihin kokonaisoptimikierroksella

Taulukossa 6.11 on esitetty ammattinimikkeiden työtuntien suhteet työntekijäkoonpanojen yhteenlaskettuihin minimi- ja maksimituntimääriin. Kokkien osalta vuokratyöläisten määrän pieneneminen on vaikuttanut minimi-tuntirajan suhdeluvun kevyeen kasvamiseen, vaikka kuukausipalkkaisten määrä onkin pienentynyt ja tuntipalkkaisten kasvanut. Valituista työntekijätyypeistä nähdäänkin, että yksi vuokratyöntekijä vastaa kahden tuntityöläisen mahdollistamaa joustoa.

## Luku 7

# Johtopäätökset

### 7.1 Tulosten arviointi

Työssä käytetylle kuvitteelliselle tarpeelle saatiin muodostettua neljä erilaista työntekijämääräkombinaatiota, joista kaksi viimeistä täyttivät työvuorotarpeen kokonaan. Malli onnistuu tavoitteessaan luoda erilaisia vaihtoehtoja henkilöstösuunnittelun tueksi.

Koska menetelmä perustuu työvuorosuunnitelman tarkkaan mallinnukseen, voidaan olla varmoja, että tulokset ovat suoraan käyttöönotettavia niille asetettujen sääntöjen vallitessa. Tulos ei siis ole pelkkä arvio, vaikkakin tavoitteeksi asetettu tarve saattaa olla epävarma ennuste.

Menetelmän luonteen vuoksi tuloksista voidaan arvioida myös kunkin ratkaisun vakautta, jonka merkitys vaihtelee aloittain ja ajankohdittain. Yhden työvuoron tekemättä jääminen saattaa johtaa esimerkiksi sopimussakkoihin tai asiakaskatoon, mutta toisaalta se saattaa olla hyvinkin epämerkityksellistä.

### 7.2 Jatkokehitysmahdollisuudet

Esitelty menetelmä ottaa huomioon useita henkilöstösuunnittelussa tärkeitä näkökulmia, mutta sillä on myös useita vajaavaisuuksia. Näiden vajaavaisuuksien ratkaiseminen olisi tärkeää, jotta menetelmää voitaisiin suoraan soveltaa kohdeorganisaatioihin.

Työtehtävät vaativat organisaatioissa usein monia erilaisia osaajia. Jotkut osaavat useampaa kuin yhtä työtehtävää, jolloin työntekijäpaletin muuntau-

tumismahdollisuudet kasvavat.

Moniosaaajien mukaantuominen vaikeuttaa ongelmaa monilta osin. Ensinnäkin kaavan 5.2 avulla laskettu yläraja kasvaa nyt usean ammattinimikkeen vuorojen summaan. Mikäli erilaisia osaamiskombinaatioita on useita, työntekijätyyppien limittäisyys johtaa siihen, että yläraja asettuu hyvin korkealle suhteessa lopulliseen lukumäärään. Toisaalta samaan ongelmaan törmätään, mikäli yhdelle ammattinimikeelle määritellään useita erilaisia sopimustuntivaihtoehtoja.

Toinen ongelma moniosaaajien tuomisessa optimointiin on niiden hyvyyden määrittäminen suhteessa yhden ammattinimikkeen taitajiin tai toisenlaisiin moniosaaajiin. Tämä tekee hyvyysfunktion määrittämisen näiden työntekijätyyppien osalta hyvin vaikeaksi. Lisäksi monen asian osaaminen ei välttämättä tarkoita samanlaista osaamista kaikissa työtehtävissä kuin yhteen osaamiseen erikoistuneella työntekijällä. Esimerkiksi pienen ravintolan ravintolapäällikkö voi muutamia päiviä tuurata lomalla olevaa kokkia, mutta pitkäaikaisena ratkaisuna se ei ole käypä.

Työnantajan vapaasti määrättävien vuosilomien tuominen optimointiin ei olisi määrittelyosuudeltaan kovinkaan vaikeaa, mutta työntekijöiden kanssa yhdessä tehtävän suunnittelun todenmukainen mallintaminen lähes mahdotonta. Yksi tapa tuoda vuosilomat optimointiin olisi lisätä malliin jokaiselle työntekijälle jokaiselle viikolle vuosilomamuuttujat, joiden summat rajoitettaisiin oikeisiin arvoihinsa. Tämä toki kasvattaisi mallin monimutkaisuutta eikä edes olisi kovinkaan hyvä approksimaatio työntekijöiden todellisista lomajaksoista.

Määräaikaiset sopimukset ovat yksi tärkeä työnantajan työkalu vaihtelevan tarpeen käsittelyyn. Määräaikaisuuksien alku- ja loppuajankohdtien optimointi olisi kuitenkin raskasta, sillä jokaiselle vaihtoehtojankohdalle olisi luotava muuttuja ja siihen liittyvät rajoitukset. Kevyt vaihtoehto määräaikaisuuksien mukaanottamiselle olisi mahdollistaa työntekijätyypeille määritettäväksi alku- ja loppuajat esimerkiksi kesälomakaudelle, jolloin määräaikaisten työntekijöiden palkkaus olisi reaaliaikailmassakin yleensä todennäköisempää.

Sairaspoissaolot on huomioitu työn menetelmässä satunnaisesti kahdentamalla vuoroja. Mallinnus kuvaa jollain asteella poissaoloja, mutta todenmukaisuutta voisi lisätä huomioimalla historiadataa sairaspöissaolojen jakautumista esimerkiksi kuukausi- ja viikonpäivätasoilla. Historiadatasta voisi myös laskea ehdollisen todennäköisyyden  $n$ . poissaololle, kun  $n - 1$ . poissaolo on jo toteutunut. Esimerkiksi Malhotra ja Ritzman [27] mallintavat sairaspöissolojen pituutta siten, että poissaolot ovat tasajakautuneesti 1-3 päivän mittaisia.



# Kirjallisuutta

- [1] Kansalaisaloite: Nollatuntisopimukset kiellettävä lailla määrittämällä osa-aikatyöhön vähintään 18-tunnin viikkotyöaika ja täsmentämällä työsopimuslain edellytyksiä työajan määritelmää tarkoituksena parantaa siten osa-aikatyöntekijöiden työajan ja ansiotason ennustettavuutta sekä työsuhde- ja sosiaaliturvaa. <https://www.kansalaisaloite.fi/fi/aloite/1065>.
- [2] Työaikalaki (26.1.2001/55). <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010055>.
- [3] Vuosilomalaki (162/2005). <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050162>.
- [4] U. Aickelin ja K. Dowsland. Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem. *Journal of Scheduling*, 3(3):139–153, 2000.
- [5] Palvelualojen ammattiliitto PAM ry ja Matkailu- ja Ravintolapalvelut MaRa ry. Matkailu-, ravintola- ja vapaa-ajan palveluita koskeva työehtosopimus - työntekijät 1.5.2014–31.1.2017, 2014.
- [6] K. R. Baker. Scheduling full-time and part-time staff to meet cyclic requirements. *Operational Research Quarterly (1970-1977)*, 25(1):65–76, 1974.
- [7] J.J. Bartholdi, J.B. Orlin, ja H.D. Ratfill. Cyclic scheduling via integer programs with circular ones. *Operations Research*, 28:1074–1085, 1980.
- [8] A. Borning, R. Duisberg, B. Freeman-Benson, K. Kramer, ja M. Woolf. Constraint hierarchies. Teoksessa *Proceedings of ACM Conference on Object Oriented Programming Systems, Languages and Applications*, 48–60, 1987.
- [9] M. Brusco ja L. Jacobs. A simulated annealing approach to the solution of flexible labor scheduling problems. *Journal of the Operational Research Society*, 44(12):1191–1200, 1993.

- [10] M. J. Brusco ja T. R. Johns. Staffing a multiskilled workforce with varying levels of productivity: An analysis of cross-training policies. *Decision Sciences*, 29(2):499–515, 1998.
- [11] R. N. Burns ja G. J. Koop. A modular approach to optimal multiple-shift manpower scheduling. *Operations Research*, 35(1):100–110, 1987.
- [12] R. C. Dudding ja W. G. Piskor. A computer assisted manpower planning model. Teoksessa D. T. Bryant ja R. J. Niehaus, toim., *Manpower Planning and Organization Design*, 145–154. Springer US, Boston, MA, USA, 1978.
- [13] E. A. Dyl ja T. J. Keaveny. Cost minimization in staffing. *Human Resource Planning*, 6(2):103–113, 1983.
- [14] S. J. Edwards. A survey of manpower planning models and their application. *Journal of the Operational Research Society*, 34(11):1031–1040, 1983.
- [15] A. T. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, ja D. Sier. Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1):3–27, 2004.
- [16] R. Fenwick ja M. Tausig. Scheduling stress family and health outcomes of shift work and schedule control. *American Behavioral Scientist*, 44(7):1179–1198, 2001.
- [17] H. Ford. How many parts to make at once. *Factory, The Magazine of Management*, 10(2):135–136, 1913.
- [18] E. C. Freuder ja R. J. Wallace. Partial constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, 58:21–70, 1992.
- [19] B. Fries. Bibliography of operations research in health-care systems. *Operations Research*, 24:801–804, 1976.
- [20] M. Gamache ja F. Soumis. A method for optimally solving the rostering problem. Teoksessa G. Yu, toim., *Operations Research in the Airline Industry*, sarjan *International Series in Operations Research & Management Science* osa 9, 124–157. Springer US, Boston, MA, 1998.
- [21] A. Gnanleeta ja W. G. Gilland. Impact of productivity on cross-training configurations and optimal staffing decisions in hospitals. *European Journal of Operational Research*, 238:254–269, 2014.

- [22] D. J. Gottlieb, C. M. Parenti, C. A. Peterson, ja R. P. Lofgren. Effect of a change in house staff work schedule on resource utilization and patient care. *Archives of Internal Medicine*, 151(10):2065–2070, 1991.
- [23] R. Hung. Improving productivity and quality through workforce scheduling. *Industrial Management*, 34(6):4–6, 1992.
- [24] S. Järvelin-Pasanen, A. Ropponen, M. Tarvainen, M. Paukkonen, T. Hakola, S. Puttonen, P. A. Karjalainen, H. Lindholm, V. Louhevaara, ja T. Pohjonen. Effects of implementing an ergonomic work schedule on heart rate variability in shift-working nurses. *Journal of Occupational Health*, 55:225–233, 2013.
- [25] Elinkeinoelämän keskusliitto EK. Työaikakatsaus 2013, 2015.
- [26] I. Lee. E-recruiting technology investment for fixed recruiting cost reduction. Teoksessa *Innovations Through Information Technology*, 717–720, Hershey PA, USA, 2004. Idea Group Publishing.
- [27] M. K. Malhotra ja L. P. Ritzman. Scheduling flexibility in the service sector: a postal case study. *Production and Operations Management*, 3(2):100–117, 1998.
- [28] A. Mehlmann. An approach to optimal recruitment and transition strategies for manpower systems using dynamic programming. *The Journal of the Operational Research Society*, 31:1009–1015, 1980.
- [29] K. Nonobe ja T. Ibaraki. A tabu search approach to the csp (constraint satisfaction problem) as a general problem solve. *European Journal of Operational Research*, 4:599–623, 1998.
- [30] P. A. Prescott ja S. A. Bowen. Controlling nursing turnover. *Nursing Management*, 18(6):60–66, 1987.
- [31] R. Silvestro ja C. Silvestro. An evaluation of nurse rostering practices in the national health service. *Journal of Advanced Nursing*, 32(3):525–535, 2000.
- [32] P. Smet ja G. Vanden Berghe. A matheuristic approach to the shift minimisation personnel task scheduling problem. Teoksessa *9th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2012)*, 145–160, 2012.

- [33] L. Trilling, A. Guinet, ja D. Le Magny. Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. Teoksessa *12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2006*, 651–656, 2007.
- [34] M. Warner. Nurse staffing, scheduling, and reallocation in the hospital. *Hospital & Health Services Administration*, 21(3):77–90, 1976.
- [35] P. D. Wright ja S. Mahar. Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction. *Omega*, 41(6):1042–1052, 2013.
- [36] S. H. Zanakis ja M. W. Maret. A Markovian goal programming approach to aggregate manpower planning. *The Journal of the Operational Research Society*, 32(1):55–63, 1981.
- [37] X. Zhu ja H. D. Sherali. Two-stage workforce planning under demand fluctuations and uncertainty. *Journal of the Operational Research Society*, 60:94–103, 2009.

## Liite A

# Työvuorotarve

Tässä liitteessä on esitetty työssä käytetyt kuvitteellisen ravintolan työvuorotarpeet. Tarve on esitetty viikoittain. Vuorot on merkitty ajankohtien perusteella siten, että A vastaa aikaväliä 8.00–15.24, B 10.00–17.24 ja C 15.00–22.24.

Viikko 1 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäällikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		

Viikko 2 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		

Viikko 3 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		

<b>Viikko 4</b>	Päivä						
Tehtävä	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		

<b>Viikko 5</b>	Päivä						
Tehtävä	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	C	
					C	C	
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C	C	
	C	C	C	C	C	C	
	C	C	C	C	C	C	
					C		

Viikko 6 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		

Viikko 7 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		



Viikko 8 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	A	B	B
					C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	A	B	B
	C	C	C	C	A	B	B
					C	B	B
					C		
					C		

Viikko 9 Tehtävä	Päivä						
	ma	ti	ke	to	pe	la	su
Kokki	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C		
					C		
Ravintolapäälikkö	A	A	A	A	A	B	B
Tarjoilija	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	A	A	A	A	A	B	B
	C	C	C	C	C	B	B
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		
	C	C	C	C	C		